



ANAIS  
PROCEEDINGS  
MEMORIAS

XVII REUNIÃO INTERNACIONAL  
**ACORBAT**



2006

JOINVILLE

BRASIL

**VOL. 02**



**BRASIL  
2006**



**XVII Reunião Internacional da Associação para a Cooperação  
nas Pesquisas sobre Banana no Caribe e na América Tropical**  
15 a 20 de outubro de 2006 - Joinville - Santa Catarina - BRASIL

---

# **XVII REUNIÃO INTERNACIONAL ACORBAT 2006**

**Bananicultura: um negócio sustentável**  
**15 a 20 de outubro de 2006**  
**Joinville – Santa Catarina - BRASIL**

## **EDITORES**

**Eliséo Soprano**  
**Fernando Adami Tcacenco**  
**Luiz Alberto Lichtemberg**  
**Mauricio Cesar Silva**



**XVII International Meeting of the Association for the Cooperation  
in the Research on Banana in the Caribbean and Tropical America**  
October, 15 to 20, 2006 - Joinville - Santa Catarina - BRAZIL

---

# **XVII ACORBAT INTERNATIONAL MEETING**

**Banana: A sustainable business  
October 15 - 20, 2006  
Joinville – Santa Catarina - BRASIL**

## **PUBLISHERS**

**Eliséo Soprano  
Fernando Adami Tcacenco  
Luiz Alberto Lichtemberg  
Mauricio Cesar Silva**



**XVII Reunión Internacional de la Asociación para la Cooperación  
en Investigaciones de banano en el Caribe y en América Tropical**  
15 a 20 de octubre de 2006 - Joinville - Santa Catarina - BRASIL

---

# **XVII REUNIÓN INTERNACIONAL DE ACORBAT**

**Bananos: Un negocio sustentable  
Del 15 al 20 de octubre de 2006  
Joinville – Santa Catarina - BRASIL**

## **EDITORES**

**Eliséo Soprano  
Fernando Adami Tcacenco  
Luiz Alberto Lichtemberg  
Mauricio Cesar Silva**



**PROMOÇÃO / PROMOTER / PROMOCIÓN**  
ACORBAT

**REALIZAÇÃO / ACOMPLISHMENT / REALIZACIÓN**  
EPAGRI - ACAFRUTA - FUNDAGRO - GOVERNO DO ESTADO DE SANTA CATARINA

**PATROCINADORES / SPONSORS / PATROCINADORES**

**ACAFRUTA** – Associação Catarinense  
para o Desenvolvimento da  
Fruticultura Tropical

**ACORBAT** - Associação para a  
Cooperação em Pesquisas de  
Bananas no Caribe e na América  
Tropical

**AEASC** - Associação dos Engenheiros  
Agrônomos de Santa Catarina

**ANGELONI** Supermercados

**ARROZ URBANO**

**B&L** – Buschle & Lepper S.A.

**BADESC** - Agência de Fomento do Estado  
de Santa Catarina S.A.

**BANAER** - Pulverização Agrícola Ltda.

**BESC** - Banco do Estado de Santa  
Catarina

**BRASIL TELECOM** Telecomunicações

**BUSCHLE & LEPPER**

**CAPES** – Coordenação de  
Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível  
Superior

**CELESC** Centrais Elétricas de Santa  
Catarina

**CHEMPLAST**

**CIRAD** - Centro de Cooperação  
Internacional de Pesquisa  
Agronômica para o Desenvolvimento

**CNPq** – Conselho Nacional de  
Desenvolvimento Científico e  
Tecnológico

**CONFEA** - Conselho Federal de  
Engenharia, Arquitetura e Agronomia

**COOPERATIVA ALIANÇA** de Içara

**COOPAGRO** - Cooperativa  
Agropecuária de Tubarão

**COOPERJURITI** - Cooperativa  
Agropecuária Juriti

**CREA-SC** Conselho Regional de  
Engenharia Arquitetura e Agronomia  
de Santa Catarina

**DUAS RODAS** Industrial Ltda

**DUDALINA** Confeções

**EMBRAPA** – Empresa Brasileira de  
Pesquisa Agropecuária

**EMBRAPA/CNPMPF** – Empresa Brasileira  
de Pesquisa Agropecuária / Centro  
Nacional de Pesquisa de Mandioca e  
Fruticultura Tropical

**EMBRATUR** - Instituto Brasileiro de  
Turismo

**EPAGRI** – Empresa de Pesquisa  
Agropecuária e Extensão Rural de  
Santa Catarina

**EPAGRI/CIRAM** - Centro Integrado de  
Informações Ambientais de  
Santa Catarina

**EPAGRI/EEI** - Empresa de Pesquisa  
Agropecuária e Extensão Rural de  
Santa Catarina / Estação  
Experimental de Itajaí

**EPAGRI/EEU** - Empresa de Pesquisa  
Agropecuária e Extensão Rural de  
Santa Catarina / Estação  
Experimental de Urussanga

**EPAGRI/GRI** - Empresa de Pesquisa  
Agropecuária e Extensão Rural de  
Santa Catarina / Gerência Regional  
de Itajaí

**EPAGRI/GRJ** - Empresa de Pesquisa  
Agropecuária e Extensão Rural de  
Santa Catarina / Gerência Regional  
de Joinville

**FAPER** - Federação das Associações de  
Funcionários da Pesquisa  
Agropecuária e Extensão Rural de  
Santa Catarina

**FAPESC** – Fundação de Apóio à Pesquisa  
Científica e Tecnológica do Estado  
de Santa Catarina

**FEBANANA** - Federação das Associações de Produtores de Banana do Estado de Santa Catarina

**FUNDAGRO** – Fundação de Apoio ao Desenvolvimento Rural Sustentável do Estado de Santa Catarina

**FUNTURISMO** - Secretaria de Estado da Cultura, Turismo e Esporte de Santa Catarina

**GIASSI** Supermercados

**HAVAN** Lojas de Departamento Ltda

**IAC/APTA** - Instituto Agrônomo / Agência Paulista de Tecnologia e Agronegócios

**IMPSAT** – Comunicação Ltda

**INIBAP** - Rede Internacional para o Melhoramento da Banana (International Network for the Improvement of Banana and Plantain)

**JOINVILLE COSTA DO ENCANTO**  
Convention & Visitors Bureau

**JORAİK** - Exportadora Joraik Ltda

**LCTV** - Laboratório de Cultura de tecidos Vegetais. EPAGRI – Estação Experimental de Itajaí

**MAPA** - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

**MDA** - Ministério do Desenvolvimento Agrário

**MT** - Ministério do Turismo

**MRE** - Ministério das Relações Exteriores

**MUSALAC** - Red de Investigación y Desarrollo de Plátano y Banano para América Latina y el Caribe

**PORTO DE ITAJAÍ**

**PMC** - Prefeitura Municipal de Corupá

**PMI** - Prefeitura Municipal de Itajaí

**PMJ** - Prefeitura Municipal de Joinville

**PROMOTUR** - Fundação Turística de Joinville

**SANTUR** - Santa Catarina Turismo S/A

**SAR** – Secretaria da Agricultura do Estado de Santa Catarina

**SBF** - Sociedade Brasileira de Fruticultura

**SEAGRO-SC** - Sindicato dos Engenheiros Agrônomos de Santa Catarina

**SDR** - Secretaria de Estado do Desenvolvimento Regional - Itajaí

**SDR** - Secretaria de Estado do Desenvolvimento Regional - Jaraguá do Sul

**SDR** - Secretaria de Estado do Desenvolvimento Regional - Joinville

**TOTAL BR** – TOTAL Lubrificantes no Brasil

**UFSC / CCA** - Universidade Federal de Santa Catarina – Centro de Ciências Agrárias

**URBANO** Agroindustrial Ltda

**Ficha Catalográfica**  
**Cataloging-in-publication Data**  
**Ficha de Catalogar Publicación**

REUNIÃO INTERNACIONAL ACORBAT, 17., 2006, Joinville, SC, BRASIL.  
**Bananicultura:** um negócio sustentável: anais. Joinville: ACORBAT/ACAFRUTA, 2006. 2v. Editado por Eliséo Soprano, Fernando Adami Tcacenco, Luiz Alberto Lichtemberg, Maurício César Silva.

Conteúdo: v. 1 Conferências e Trabalhos Resumidos  
v. 2 Trabalhos Completos

Banana; Botânica; Melhoramento genético; Fisiologia; Biotecnologia; Práticas culturais; Nutrição; Fitossanidade; Pós-colheita; Agroindústria; Economia

CDD: 634.772

Catálogo na publicação preparada por Maria do Carmo Marcelino Galatto  
CRB-14/339  
Epagri – Estação Experimental de Itajaí

**Exemplos de citação**  
(Conforme ABNT NBR6023)  
**Citation examples**  
**Ejemplos de la citación**

MOREIRA, R.S.; CORDEIRO, Z.J.M. A história da banana no Brasil. In: REUNIÃO INTERNACIONAL ACORBAT, 17., Joinville, SC, BRASIL. **Bananicultura:** um negócio sustentável - anais. Joinville: ACORBAT/ACAFRUTA, 2006. v. 1, p. 48-82. Conferência.

ZAFFARI, G.R.; KERBAUY, G.B. Efeito de reguladores de crescimento na formação de gemas adventícias *in vitro* de **Musa acuminata** cv. Grand Naine. In: REUNIÃO INTERNACIONAL ACORBAT, 17., Joinville, SC, BRASIL. **Bananicultura:** um negócio sustentável - anais. Joinville: ACORBAT/ACAFRUTA, 2006. v. 1, p. 337. Trabalhos Resumidos.

LICHTEMBERG, L.A.; HINZ, R.H.; STUKER, H.; MARCON, I.T.; SALVADOR, J. Efeito do ensacamento e de produtos químicos sobre pragas do cacho de banana cavendish. In: REUNIÃO INTERNACIONAL ACORBAT, 17., Joinville, SC, BRASIL. **Bananicultura:** um negócio sustentável - anais. Joinville: ACORBAT/ACAFRUTA, 2006. v. 2, p. 908-812. Trabalhos Completos.

**COMITÉ INTERNACIONAL DA ACORBAT  
ACORBAT INTERNATIONAL COMMITTEE  
COMITÉ INTERNACIONAL DEL ACORBAT**

Presidente: Humberto Pérez Morales (México)  
Vice-Presidente: Luiz Alberto Lichtemberg (Brasil)  
Secretário: Jorge Eliezér Hernández Rendon (Colômbia)  
Tesoureira: Mildred Cortés (Porto Rico)  
Delegado do INIBAP: Franklin E. Rosales (Costa Rica)  
Delegado do CIRAD: Thierry Lescot (França)  
Delegado da Argentina: Juan José Ortiz  
Delegado do Brasil: Luiz Antônio de Campos Penteado  
Delegado da Costa Rica: Roberto Castro Arias  
Delegado de Cuba: Luis Perez Vicente  
Delegado do Equador: Víctor Hugo Quimi Arce  
Delegado da Guatemala: José Manuel Glimar  
Delegado de Honduras: Roberto Young  
Delegado do México: Mario Orozco Santos  
Delegado da República Dominicana: Rosa A. Ferreiras  
Delegado de Santa Lúcia: Davidson A. Lloyd  
Delegado da Venezuela: Guzman Carroz

**COMITÉ ORGANIZADOR DA XVII ACORBAT  
XVII ACORBAT ORGANIZING COMMITTEE  
COMITÉ ORGANIZADOR DEL XVII ACORBAT**

Presidente: Luiz Alberto Lichtemberg  
Vice-Presidente: Robert Harri Hinz  
Coordenação Financeira: Osvino Leonardo Koller  
Coordenação Acadêmica: Eliséo Soprano  
Coordenação de Logística: Jorge Luiz Malburg  
Coordenação Operativa: Sueli Pereira Mafra  
Coordenação de Promoção e Divulgação: Anselmo B. Cadorim  
Coordenação de Atividades Sociais: Gilmar Jacobowiski  
Coordenação de Relações Públicas: Onévio Antônio Zabot



**COMITÊ CIENTÍFICO  
SCIENTIFIC COMMITTEE  
COMITÉ CIENTÍFICO**

Eliséo Soprano  
**Presidente/Chairman/Presidente**

**Membros/ Members/ Miembros**

|                                                  |                                          |
|--------------------------------------------------|------------------------------------------|
| Adriana C. M. Dantas (UFSC/CCA)                  | Josiani Takassaki (IBSP)                 |
| Admir Tadeo de Souza (Epagri)                    | Juan Fernando Aguilar (FHIA)             |
| Agustin Molina (INIBAP)                          | Luadir Gasparotto (Embrapa)              |
| Alba Stela Riveros (CATIE)                       | Luis Alberto Saes (IAC)                  |
| Ana Lúcia Borges (Embrapa)                       | Luis E. Pocasangre (INIBAP/Musalac)      |
| Anthony Barry Pattison (QDPI)                    | Luis Perez Vicente (INISAV)              |
| Aparecido Lima da Silva (UFSC/CCA)               | Luiz Alberto Lichtemberg (Epagri/EEI)    |
| Aristóteles Pires de Matos (Embrapa)             | Luiz Antônio de Campos Penteado (CATI)   |
| Cláudia Fortes (Embrapa)                         | Luiz Antônio Junqueira Teixeira (IAC)    |
| Cecília Helena Silvino Prata Ritzinger (Embrapa) | Luiz Augusto Martins Peruch (Epagri/EEU) |
| Dilson da Cunha Costa (Embrapa)                  | Luiz Márcio Poiani (UFSCAR)              |
| Edgardo Serrano (CORBANA)                        | Márcio Miranda (IAPAR)                   |
| Eliséo Soprano (Epagri/EEI)                      | Márcio Sônego (Epagri/EEU)               |
| Fernando Adami Tcacenco (Epagri/EEI)             | Marilene Fancelli (Embrapa)              |
| François Cote (CIRAD)                            | Mario Orozco Santos (INIFAP)             |
| Franklin Rosales (INIBAP)                        | Mauricio Guzman (CORBANA)                |
| Gilmar Roberto Zaffari (Epagri/EEI)              | Miguel Pedro Guerra (UFSC/CCA)           |
| Henri Stuker (Epagri/EEI)                        | Ranulfo Corrêa Caldas (Embrapa)          |
| Honório Francisco Prando (Epagri/EEI)            | Raul Soares Moreira (IAC)                |
| Inácio Hugo Rockenbach (Epagri/EEI)              | Robert Harri Hinz (Epagri/EEI)           |
| Janay Almeida dos Santos Serejo (Embrapa)        | Rossana Catie Bueno de Godoy (Embrapa)   |
| Jeffrey William Daniells (QDPI)                  | Sebastião de Oliveira e Silva (Embrapa)  |
| João Luiz Palma Meneguci (Embrapa)               | Silvio Belalcazar Carvajal (INIBAP)      |
| John Charles Robinson (Du Roi)                   | Thierry Lescot (CIRAD)                   |
| Jorge Luiz Malburg (Epagri/EEI)                  | Victor Galán Sáuco (ICIA)                |
| José Aires Ventura (Incaper)                     | Zilton Maciel Cordeiro (Embrapa)         |
| José Orozco Romero (INIFAP)                      |                                          |

## **SUBCOMISSÕES DE APOIO**

### **Secretaria Executiva e Informática**

Mauricio César Silva, Sueli Pereira Mafra, Lizzy Clayre Steele Ganzo Weickert, Maria Fernanda Malburg Patrianova, Luciane Luchtenberg Lehmkuhl, Maria de Lourdes F. Verona, Sheila Catarina Sens, Adriana Rafaela dos S. Soares e Suzette Mailú Rovaris Brasil

### **Relações Públicas, Divulgação, Promoção e Imprensa**

Anselmo Benvindo Cadorim, Onévio Antônio Zabot, Aires Carmem Mariga, Celívio Holz, Luiz Alberto Lichtemberg, Márcia Corrêa Sampaio, Dorvalino Furtado Filho, Jane Niehues e Suzette Mailú Rovaris Brasil

### **Finanças**

Osvino Leonardo Koller, Lucemar Winter, Marilei de Sena Mondini e Maria Bernadete dos S. Soares.

### **Decoração, Vigilância, Limpeza, Segurança e Saúde**

Jadir de Oliveira, Jane Niehues, Ana Lúcia Ribeiro, Haroldo R. Steudel, Marilene Clara de Miranda Kahl, Gilmar Germano Jacobowski, Itamar Gislon, Daniel da Silva e Henry Petcov.

### **Excursões Técnicas**

Ricardo José Zimmermann de Negreiros, José Salvador, Miguel André Compagnoni, Robert Harri Hinz, Aldo Romeo Passold, Ilhane Terezinha Marcon e Dione Benevenuti.

### **Alimentação e Atividades sócio-culturais**

Maria Depin, Jorge Luiz Malburg, Gilmar G. Jakobowski, Ilhane Terezinha Marcon, Ana Lúcia Ribeiro, Robert Harri Hinz e Jane Niehues.

### **Recepção, Hospedagem e Transporte**

Jorge Luiz Malburg, Jane Niehues, Ana Lúcia Ribeiro, Gilmar Germano Jacobowski, Onévio Zabot, Evando Quirino Goulart e Haroldo R. Steudel.

### **Programação Técnico Científico e Atividades Gerais**

Eliséo Soprano, Décio Rockenbach, Luiz Alberto Lichtemberg, Gilmar Roberto Zaffari, Jorge Luiz Malburg, Fernando Adami Tcacenco, Henri Stuker, Honório Francisco Prando, Inácio Hugo Rockenbach, Maycon Eduardo Nicoletti e Robert Harri Hinz

### **Áudio-visuais**

Robert Harri Hinz, Mauricio César Silva, Zelina Silvano e Sueli Fernandes

### **Feira e Assuntos Comerciais**

Osvino Leonardo Koller, Luiz Alberto Lichtemberg, Jorge Luiz Malburg, Robert Harri Hinz, Lizzy Clayre Steele Ganzo Weickert e Suzette Mailú Rovaris Brasil

## **NOTA DOS EDITORES**

Os editores reservam-se ao direito de se eximirem de qualquer responsabilidade por eventuais incorreções contidas nas conferências, trabalhos resumidos e trabalhos completos publicados nos Anais da XVII Acorbat 2006, mesmo tendo ajustado algumas incorreções às normas. O conteúdo dos trabalhos publicados nestes Anais é de inteira responsabilidade dos autores. As afirmações feitas pelos participantes expressam seu ponto de vista e não necessariamente o das instituições. Menção de empresas, produtos comerciais e marcas registradas não implica recomendação ou endosso sobre outros produtos não mencionados. Resultados de pesquisas envolvendo pesticidas não implicam recomendação dos mesmos, nem que os mesmos sejam registrado para uso. Todos os pesticidas devem ser registrados nas agências apropriadas antes que seu uso seja recomendado.

## **NOTE OF THE PUBLISHERS**

The publishers reserve the right to exempt of any responsibility for errors/mistakes contained in the conferences, full papers and short papers published in the Proceedings of XVII Acorbat 2006. The contents of the works published in these Proceedings are of entire responsibility of the authors. The statements made by the participants are their own and do not necessarily represent the views of the participating agencies. Mention of companies, commercial products, or trade names does not imply recommendation or endorsement over others not mentioned. Reports of research involving pesticides do not constitute recommendation for their use and do not imply that the users discussed have been registered. All uses of pesticides must be registered by the appropriate agencies before they can be recommended.

## **NOTA DE LOS EDITORES**

Los editores si reservan el derecho de si eximir de cualquier responsabilidad de los eventuales errores, conceptos y afirmaciones contenidos en las conferencias, trabajos completos y trabajos resumidos publicados en las memorias de la XVII Reunión Internacional de la Acorbat. El contenido de los trabajos publicado en las memorias es de entera responsabilidad de los autores. La mención de compañías, de productos comerciales, o de nombres comerciales no implica en recomendación o en endoso sobre otros no mencionados. Los informes de la investigación sobre el efecto de pesticidas no constituyen la recomendación para su uso y ni significa que estos productos están registrados para el uso en distintos países. Todas las aplicaciones de pesticidas deben estar amparadas por el registro en agencias apropiadas, antes que puedan ser recomendadas.

## APRESENTAÇÃO

Esta edição do congresso da Associação para a Cooperação nas Pesquisas sobre Banana no Caribe e na América Tropical quebrou vários paradigmas. Pela primeira vez na história da Acorbat, o seu evento maior se realizou fora da zona tradicionalmente exportadora de bananas, localizada entre o Norte da América do Sul e o Sul da América do Norte. Pela primeira vez o congresso foi realizado em um país de língua portuguesa, o que ampliou os idiomas oficiais da Acorbat para quatro. Pela primeira vez a reunião foi realizada em uma região subtropical, o Sul do Brasil. Finalmente, pela primeira vez a reunião teve seu tema central decididamente voltado a um tipo de agricultura mais comprometido com o respeito ao ambiente, aos aspectos sociais e voltado às tecnologias alternativas de cultivo. **Bananicultura, um negócio sustentável**, um tema que decididamente abriu espaço para um novo modelo de bananicultura ambientalmente amigável, sem fechar as portas para nenhum tipo de tecnologia.

Para Santa Catarina, que a partir de 2004 passou a conviver com a realidade da sigatoka-negra, a realização deste evento não poderia ser mais oportuna. Após um período de crise na bananicultura, imposta pelas dificuldades comerciais que se apresentaram aos nossos bananicultores, este documento passa a ser um ponto de partida para reflexões e para a orientação da pesquisa e da difusão de tecnologia em bananicultura no nosso Estado.

Para o Brasil, que pela vez primeira recebe de uma só vez os principais expoentes do saber mundial na cultura, este evento representa um grande ganho em conhecimento e uma oportunidade única de ampliar parcerias e colaboração na área científica e tecnológica deste cultivo.

Para o mundo “bananeiro”, este evento representa um marco, na abertura de espaço para temas anteriormente pouco privilegiados neste que é o principal encontro técnico-científico do setor.

A época da realização do evento nos foi desfavorável, devido ao período de eleições gerais no Brasil e à crise atual da agricultura brasileira. Também tivemos pouco apoio dos tradicionais patrocinadores desta reunião. Apesar das barreiras e dificuldades encontradas na preparação do evento, apresentamos ao público estes anais, documento que reflete o que foi a XVII Reunião Internacional da Acorbat.

Nossos agradecimentos aos autores que enviaram suas contribuições, aos participantes da reunião, aos nossos apoiadores e patrocinadores, à Acorbat Internacional, que nos assessorou e nos permitiu realizar esta reunião, aos companheiros do Comitê Organizador e, especialmente, à Epagri, que colocou neste evento o que tem de melhor e tudo o que foi possível.

**Comissão Organizadora ACORBAT 2006 - BRASIL**

**Presidente**

Luiz Alberto Lichtemberg

## PRESENTATION

Several paradigms have been broken in the present edition of the International Meetings. For the first time in the history of Acorbat its major event was held outside the traditional banana exporting area, from the North of South América do the South of North América. For the first time the meeting was held in a Portuguese speaking country, bringing to four the Acorbat's official languages. For the first time the meeting was held in a subtropical area, the South of Brazil. Finally, for the first time the meeting's central theme was related to a type of agriculture more compromised with the environment, to the social aspects of the culture and to alternative technologies. **Banana, a sustainable bussiness**, is a theme that gave more room for this new model for the banana crop without neglecting any kind of technology.

The timing for the present meeting could not be better for the state of Santa Catarina, wich in 2004 had the first reports of black sigatoka. After a crisis in the banana crop due to commercial difficulties, this document serves as a starting point for new reflections and to guide the activities of research and extension in the culture in our state.

For Brazil, which for the first time receives at once the major experts in the crop all over the world, this event represents a great opportunity for increase both in knowledge and in partnerships and cooperation in the scientific and technological areas. For the "banana" world, this event represents a hallmark in the opening of new space for areas traditionally less privileged in these meetings, which are the major technical and scientific event in the banana crop.

Due to the national elections and the crisis in the banana crop in Brazil, several new difficulties were imposed upon the organizing committee, which also had less support from traditional sponsors. Despite all the barriers and difficulties, we present the public with this document, which reflects what the XVII Meeting was.

We would like to thank the authors for their scientific contributions, to the participants of the meeting, to our sponsors, to the International Committee, which gave us support and allowed the meeting, to all members of the Organizing Committee, and above all to Epagri, that gave all its best for the success of the meeting.

**Organizing Committee ACORBAT 2006 - BRASIL**

**Chairman**

Luiz Alberto Lichtemberg

## **APRESENTACIÓN**

En estas memorias están publicados las conferencias y trabajos presentados en la XVII Reunión Internacional de la Acorbat. Esta jornada del congreso de la Asociación para la Cooperación en Investigaciones de Bananos en el Caribe y en América Tropical quebró diversos paradigmas. Por la primera vez en la historia de Acorbat, su evento mayor se realizó fuera de la zona exportadora de bananos, localizada entre el Norte de la América del Sur e el Sur de la América del Norte. Por primera vez el congreso fue realizado en un país de lengua portuguesa, ampliando para cuatro los idiomas hablados por Acorbat. Por la primera vez la reunión fue realizada en una zona subtropical, el Sur de Brasil. Finalmente, por la primera vez la reunión tuvo su tema central dirigido a un tipo de agricultura más comprometido con el respecto al ambiente, a los aspectos sociales y a las tecnologías alternativas de cultivo. Bananicultura, un negocio sustentable, un tema que decididamente abrió espacio para un nuevo modelo de bananicultura ambientalmente amigable, sin cerrar sus puertas para ninguno tipo de tecnología.

Para Santa Catarina, que a partir del 2004 pasó a convivir con la realidad de la sigatoka-negra, la realización de este evento no podría ser más oportuna. Después de un período de crisis en el cultivo de bananos, que impuso graves dificultades comerciales para nuestros bananeros, este documento pasa a ser un punto de partida para reflexiones y para la orientación de la investigación y de la difusión de tecnología en el cultivo de bananos en nuestro Estado.

Para el Brasil, que por la vez primera recibe de una única vez los principales expertos del saber mundial en el cultivo, este evento representa un grande gaño en conocimiento e una oportunidad impar de ampliar aparcerías y colaboraciones en la área científica e tecnológica de este cultivo.

Para el mundo “bananero”, este evento representa una apertura de espacio para temas anteriormente poco privilegiados en este que es el principal encuentro técnico-científico do sector.

La época de la realización del evento no nos fue favorable, debido al período de elecciones generales en Brasil, lo que restringió legalmente las posibilidades de apoyo, y a la crisis actual de la agricultura brasileña. También tuvimos poco apoyo de los tradicionales patrocinadores de esta reunión. Mismo con las barreras y dificultades encontradas en la preparación del evento, presentamos al público estas memorias, documento que refleja lo que fue la XVII Reunión Internacional de la Acorbat.

Nuestros agradecimientos a los autores que enviaron sus contribuciones, a los participantes de la reunión, a los nuestros colaboradores, expositores y patrocinadores, a la Acorbat Internacional, que nos asesoró y nos permitió realizar esta reunión, a los compañeros del Comité Organizador e, especialmente, a la Epagri, que coloco en este evento todo lo que tiene de mejor e lo que fue posible.

**Comité de organización de la ACORBAT 2006 - BRASIL**

Luiz Alberto Lichtemberg  
**Presidente**

| VOLUME 1                                                                                                                                                                                                               |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| CONFERÊNCIAS / CONFERENCES / CONFERENCIAS                                                                                                                                                                              |     |
| <b>THE PESTICIDE REDUCTION PLAN FOR BANANA</b>                                                                                                                                                                         |     |
| PLANO DE REDUÇÃO DO USO DE PESTICIDAS EM BANANICULTURA                                                                                                                                                                 |     |
| Gerrit H. J. Kema                                                                                                                                                                                                      | 3   |
| <b>GENOME STUDIES: PROGRESS AND APPLICATION IN THE IMPROVEMENT OF MUSACEAS</b>                                                                                                                                         |     |
| CONHECIMENTO DO GENOMA: AVANÇOS E APLICAÇÃO NO DESENVOLVIMENTO DAS MUSÁCEAS                                                                                                                                            |     |
| Manoel T. Souza Júnior                                                                                                                                                                                                 | 5   |
| <b>BIOTECNOLOGIA: ALGO MAIS QUE PLANTAS TRANSGÊNICAS</b>                                                                                                                                                               |     |
| BIOTECHNOLOGY OTHER THAN TRANSGENIC PLANTS                                                                                                                                                                             |     |
| Janay Almeida dos Santos-Serejo; Antônio da Silva Souza; Lucymeire Souza Morais; Taliane Leila Soares; Fernanda Vidigal Duarte Souza; Adilson Kenji Kobayashi; Cláudia Fortes Ferreira & Sebastião de Oliveira e Silva | 10  |
| <b>TRANSCONTINENTAL DISEASES THAT ARE POTENTIAL THREAT TO THE BANANA INDUSTRY IN LATIN AMERICA</b>                                                                                                                     |     |
| DOENÇAS TRANSCONTINENTAIS COM RISCO POTENCIAL PARA A BANANICULTURA LATINO-AMERICANA                                                                                                                                    |     |
| Agustin B. Molina Jr.                                                                                                                                                                                                  | 24  |
| <b>SISTEMA AGROPECUÁRIO DE PRODUÇÃO INTEGRADA - SAPI</b>                                                                                                                                                               |     |
| SAPI - INTEGRATED PRODUCTION SYSTEM                                                                                                                                                                                    |     |
| J. R. Andrigueto; L. C. B. Nasser & J. M. A. Teixeira                                                                                                                                                                  | 32  |
| <b>A BANANICULTURA BRASILEIRA</b>                                                                                                                                                                                      |     |
| THE BRAZILIAN BANANA CROP                                                                                                                                                                                              |     |
| Zilton José Maciel Cordeiro & Raul Soares Moreira                                                                                                                                                                      | 36  |
| <b>A HISTÓRIA DA BANANA NO BRASIL</b>                                                                                                                                                                                  |     |
| THE HISTORY OF BANANA IN BRAZIL                                                                                                                                                                                        |     |
| Raul S. Moreira & Zilton José Maciel Cordeiro                                                                                                                                                                          | 48  |
| <b>ESTADO ACTUAL Y PERSPECTIVAS FUTURAS DEL MANEJO DE LA SIGATOKA NEGRA EN AMÉRICA LATINA</b>                                                                                                                          |     |
| CURRENT SITUATION AND FUTURE PERSPECTIVES OF THE BLACK SIGATOKA MANAGEMENT IN LATIN AMERICA                                                                                                                            |     |
| Mauricio Guzmán                                                                                                                                                                                                        | 83  |
| <b>CARACTERIZACIÓN Y MANEJO DE LA RESISTENCIA A FUNGICIDAS EN <i>Mycosphaerella fijiensis</i> EN BANANOS</b>                                                                                                           |     |
| CHARACTERIZATION AND MANAGEMENT OF FUNGICIDE RESISTANCE IN <i>Mycosphaerella fijiensis</i> IN BANANAS                                                                                                                  |     |
| Ronald A. Romero                                                                                                                                                                                                       | 92  |
| <b>MANEJO SUSTENTABLE DE SIGATOKA NEGRA (<i>Mycosphaerella fijiensis</i>) EN BANANO: CONOCIMIENTO DEL PATOSISTEMA, PRÁCTICAS CULTURALES Y CONTROL QUÍMICO</b>                                                          |     |
| SUSTAINABLE MANAGEMENT OF BLACK SIGATOKA ( <i>Mycosphaerella fijiensis</i> ) IN BANANA: KNOWLEDGE OF THE PATHOSYSTEM, CULTURAL PRACTICES AND CHEMICAL CONTROL                                                          |     |
| Mario Orozco-Santos & José Orozco-Romero                                                                                                                                                                               | 100 |
| <b>MANEJO DA SIGATOKA-NEGRA (<i>Mycosphaerella fijiensis</i>) NA AMAZÔNIA BRASILEIRA</b>                                                                                                                               |     |
| MANAGEMENT OF BLACK SIGATOKA ( <i>Mycosphaerella fijiensis</i> ) IN THE BRAZILIAN AMAZONIA                                                                                                                             |     |
| Luadir Gasparotto & José Clério Rezende Pereira                                                                                                                                                                        | 117 |
| <b>MANAGEMENT OF BLACK SIGATOKA IN CAMEROON</b>                                                                                                                                                                        |     |
| MENEJO DA SIGATOKA NEGRA NA REPÚBLICA UNIDA DOS CAMARÕES                                                                                                                                                               |     |
| L. de Lapeyre de Bellaire; J. Essoh Ngando; C. Abadie; J. Carlier; T. Lescot & E. Fouré                                                                                                                                | 122 |
| <b>BACTERIAS LÍTICAS Y SUSTRATOS EN LA FILOSFERA DE BANANO Y PLÁTANO PARA EL CONTROL DE SIGATOKA NEGRA</b>                                                                                                             |     |
| LYTIC BACTERIA AND SUBSTRATES ON BANANA AND PLANTAIN PHYLLOSOPHERE TO BLACK SIGATOKA CONTROL                                                                                                                           |     |
| Luis Fernando Patiño Hoyos; Lina Maria Salazar Peláez; Juan Carlos Collazos Villa; Ramón Antonio Piedrahita Restrepo & Elkin Bustamante Rojas                                                                          | 133 |
| <b>MANEJO ALTERNATIVO DE LA SIGATOKA NEGRA CAUSADA POR <i>Mycosphaerella fijiensis</i> MORELET EN BANANOS Y PLÁTANOS</b>                                                                                               |     |
| ALTERNATIVE MANAGEMENT OF BLACK SIGATOKA CAUSED BY <i>Mycosphaerella fijiensis</i> MORELET IN BANANAS AND PLANTAINS                                                                                                    |     |
| Luis Pérez Vicente                                                                                                                                                                                                     | 141 |
| <b>FUNGICIDE RESISTANCE MANAGEMENT IN BANANA - A CONTINUOUS CHALLENGE</b>                                                                                                                                              |     |
| EL MANEJO DE LA RESISTENCIA A LOS FUNGICIDAS EN BANANOS - UN DESAFÍO CONTINUO                                                                                                                                          |     |
| Karl-Heinz Kuck                                                                                                                                                                                                        | 153 |
| <b>EL CULTIVO DE PLATANOS EN ECUADOR</b>                                                                                                                                                                               |     |
| PLANTAIN CULTIVATION IN ECUADOR                                                                                                                                                                                        |     |
| Luis Tazán C.                                                                                                                                                                                                          | 155 |
| <b>THE ROLE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY IN SMALL-SCALE BANANA FARMING - A CARIBBEAN PERSPECTIVE</b>                                                                                                                      |     |
| O PAPEL DA CIÊNCIA E DA TECNOLOGIA NA PEQUENA PROPRIEDADE BANANICULTORA - PERSPECTIVA CARIBENHA                                                                                                                        |     |
| Clayton A. Shillingford & Joseph E. Edmunds                                                                                                                                                                            | 164 |
| <b>HÍBRIDOS DE BANANA DESENVOLVIDOS PELA FHIA</b>                                                                                                                                                                      |     |
| BANANA HYBRIDS DEVELOPED BY FHIA                                                                                                                                                                                       |     |
| Juan F. Aguilar Morán                                                                                                                                                                                                  | 173 |
| <b>RENOVACIÓN DE PLANTACIONES BANANERAS, UN NEGOCIO SOSTENIBLE, MEDIANTE EL USO DE UMBRALES DE PRODUCTIVIDAD, FIJADOS POR AGRICULTURA DE PRECISIÓN</b>                                                                 |     |
| RENOVAÇÃO DE BANANAIS, UM NEGÓCIO SUSTENTÁVEL, ATRAVÉS DO USO DE NÍVEIS DE PRODUTIVIDADE, FIXADOS PELA AGRICULTURA DE PRECISÃO                                                                                         |     |
| Moisés Soto                                                                                                                                                                                                            | 178 |
| <b>MINERAL NUTRITION OF BANANA AND ITS INTERACTION WITH IRRIGATION</b>                                                                                                                                                 |     |
| NUTRICIÓN MINERAL EN EL BANANO Y SU INTERACCIÓN CON EL RIEGO                                                                                                                                                           |     |
| Emanuel Lahav; Anat Aycicegi-Lowengart & Hanan Ben Shalom                                                                                                                                                              | 190 |
| <b>GUÍA PARA EL DIAGNOSTICO DE LA CALIDAD Y LA SALUD DE SUELOS BANANEROS</b>                                                                                                                                           |     |
| DIAGNOSTIC GUIDE FOR BANANA SOILS QUALITY AND HEALTH                                                                                                                                                                   |     |
| Franklin E. Rosales; Luis E. Pocasangre; Javier Trejos; Edgardo Serrano; Oscar Acuña; Alvaro Segura; Eduardo Delgado; Tony Pattison; Werner Rodríguez & Charles Staver                                                 | 198 |



|                                                                                                                                                                                                                 |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>IMPORTANCIA DE LOS INDICADORES FÍSICO-QUÍMICOS EN LA CALIDAD DEL SUELO PARA LA PRODUCCIÓN SUSTENTABLE DEL BANANO EN COSTA RICA</b>                                                                           |     |
| THE IMPORTANCE OF PHYSICAL-CHEMICAL INDICATORS IN THE SOIL QUALITY FOR THE SUSTAINABLE PRODUCTION OF BANANA IN COSTA RICA                                                                                       |     |
| Edgardo Serrano; Jorge Sandoval; Luis Pocasangre; Franklin Rosales & Eduardo Delgado                                                                                                                            | 207 |
| <b>LA IMPORTANCIA DE LOS MICROORGANISMOS EN LA CALIDAD Y SALUD DE SUELOS</b>                                                                                                                                    |     |
| IMPORTANCE OF MICROORGANISMS FOR SOILS QUALITY AND HEALTH                                                                                                                                                       |     |
| Oscar Acuña; Wagner Peña; Edgardo Serrano; Luis Pocasangre; Franklin Rosales; Eduardo Delgado; Javier Trejos & Alvaro Segura                                                                                    | 222 |
| <b>ESTANDARIZACIÓN DE ENMIENDAS ORGÁNICAS PARA BANANO EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE</b>                                                                                                                         |     |
| ORGANIC AMENDMENTS STANDARIZATION FOR BANANA IN LATIN AMERICAN AND THE CARIBBEAN                                                                                                                                |     |
| Alba Stella Riveros; Franklin E. Rosales; Johanna Romero; Catalina Romero; María Isabel Jiménez; Ramón Jiménez; Oscar Acuña; Pánfilo Tabora; Rafael Segura; Luis E. Pocasangre & Mario Villalobos               | 234 |
| <b>THE CONCEPT OF A SUPPRESSIVE BANANA PLANT: ROOT HEALTH MANAGEMENT WITH A BIOLOGICAL APPROACH</b>                                                                                                             |     |
| CONCEITO DE UMA PLANTA DE BANANEIRA SUPRESSORA: MANEJO BIOLÓGICO DA SANIDADE RADICULAR                                                                                                                          |     |
| Richard A. Sikora & Luis Pocasangre                                                                                                                                                                             | 241 |
| <b>HONGOS ENDÓFITOS COMO AGENTES BIOLÓGICOS DE CONTROL DE FITONEMATODOS EN BANANO</b>                                                                                                                           |     |
| ENDOPHYTIC FUNGI AS BIOLOGICAL CONTROL AGENTS OF PLANT PARASITIC NEMATODES IN BANANA                                                                                                                            |     |
| Luis E. Pocasangre; Roy Donaldo Menjivar; zum Felde Alexandra; Alba Stella Riveros; Franklin E. Rosales & Richard A. Sikora                                                                                     | 249 |
| <b>PRESENT AND FUTURE SITUATION OF BANANA PRODUCTION IN THE SUBTROPICS</b>                                                                                                                                      |     |
| SITUAÇÃO PRESENTE E FUTURA DA BANANICULTURA NOS SUBTRÓPICOS                                                                                                                                                     |     |
| J. C. Robinson                                                                                                                                                                                                  | 255 |
| <b>SOIL QUALITY IMPROVEMENT AND NEMATODE MANAGEMENT ON BANANA FARMS IN AUSTRALIA</b>                                                                                                                            |     |
| MELHORIA DA QUALIDADE DO SOLO E MANEJO DE NEMATÓIDES NA BANANICULTURA AUSTRALIANA                                                                                                                               |     |
| Tony Pattison; Jenny Cobon & Richard Sikora                                                                                                                                                                     | 268 |
| <b>NEW BANANA CULTIVARS WITH MARKET POTENTIAL</b>                                                                                                                                                               |     |
| NOVAS CULTIVARES DE BANANEIRAS COM POTENCIAL DE MERCADO                                                                                                                                                         |     |
| Jeff Daniells                                                                                                                                                                                                   | 284 |
| <b>EL CULTIVO DEL PLÁTANO ( BANANO, Musa acuminata COLLA AAA, SUBGRUPO CAVENDISH) EN LAS ISLAS CANARIAS</b>                                                                                                     |     |
| BANANA (Musa acuminata COLLA AAA, CAVENDISH SUBGROUP) CULTIVATION IN THE CANARY ISLANDS                                                                                                                         |     |
| Víctor Galán Saúco & Juan Cabrera Cabrera                                                                                                                                                                       | 289 |
| <b>VOLUME 1 (Cont.)</b>                                                                                                                                                                                         |     |
| <b>TRABALHOS RESUMIDOS / SHORT PAPERS / TRABAJOS RESUMIDOS</b>                                                                                                                                                  |     |
| <b>BOTÂNICA, GENÉTICA &amp; MELHORAMENTO, FISILOGIA</b>                                                                                                                                                         |     |
| <b>BOTANY, GENETICS &amp; PLANT BREEDING, PHYSIOLOGY</b>                                                                                                                                                        |     |
| <b>BOTANICA, GENETICA Y MEJORAMIENTO, FISILOGIA</b>                                                                                                                                                             |     |
| <b>BIOMETRÍA DE FRUTOS DE PLÁTANO CV. HARTON RELACIONADOS CON LA FERTILIZACIÓN, SEGÚN EL ESTADO FENOLOGICO DEL CULTIVO</b>                                                                                      |     |
| BIOMETRÍA OF FRUITS OF BANANA CV. HARTÓN RELATED WITH THE FERTILIZATION, ACCORDING TO THE STATE FENOLOGICO OF THE CULTIVATION                                                                                   |     |
| Johanna Labarca; Merilyn Marin; Jesus Garcia; Yvo Hernandez & Claudia Paredes                                                                                                                                   | 303 |
| <b>CALIDAD DE RACIMO E ÍNDICE DE COSECHA EN HÍBRIDOS FHIA 01, 02, 17 Y 23 (Musa spp.) EN EL ESTADO ARAGUA, VENEZUELA</b>                                                                                        |     |
| BUNCH QUALITY AND HARVEST INDEX OF FHIA 01, 02, 17 Y 23 HYBRIDS (Musa spp.) IN ARAGUA STATE, VENEZUELA                                                                                                          |     |
| Grigna Piña-Dumoulin; José Gilberto Surga; Sacramento Magaña-Lemus; Aniceth Reina & Miguel Belloso                                                                                                              | 304 |
| <b>CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA DE CULTIVARES ELITE DE BANANEIRA MEDIANTE DESCRITORES QUALITATIVOS</b>                                                                                                            |     |
| MORPHOLOGICAL CHARACTERIZATION OF ELITE CULTIVARS OF BANANA BASED ON QUALITATIVE TRAITS                                                                                                                         |     |
| Onildo Nunes de Jesus; Sebastião de Oliveira e Silva; Cláudia Fortes Ferreira; Terezinha Rangel Câmara; Kátia Nogueira Pestana & Taliane Leila Soares                                                           | 305 |
| <b>LA PLANTA DE PLÁTANO (Musa AAB) Y SU RELACION ENTRE EL CICLO Y LA PRODUCCIÓN</b>                                                                                                                             |     |
| THE PLANTAIN (Musa AAB) AND ITS RELATION BETWEEN THE CYCLE AND PRODUCTION                                                                                                                                       |     |
| C. Nava & L. Sosa                                                                                                                                                                                               | 306 |
| <b>LA TRANSICIÓN FLORAL EN PLÁTANO Musa (AAB) cv. HARTÓN ENANO: GENÉTICA Y ONTOGENIA.</b>                                                                                                                       |     |
| TRANSITION FLORAL IN PLANTAIN Musa AAB CV. DRAFT HORN: GENETIC AND ONTOGENY                                                                                                                                     |     |
| Yvo Hernández; Carlos Alberto Giménez; Pedro Rodríguez; Miguel Gómez Lima; C. Paredes & Johanna Labarca                                                                                                         | 307 |
| <b>MASBP56 - A BANANA (Musa acuminata) HOMOLOGUE OF MAMMALIAN SELENIUM-BINDING PROTEIN</b>                                                                                                                      |     |
| MASBP56 - HOMÓLOGO EM BANANA (Musa acuminata) DE PROTEÍNA DE MAMÍFERO LIGANTE EM SELÊNIO                                                                                                                        |     |
| Marília Mendes de Araújo; Lisangela Pinheiro Cassiano; Candice Melo Romero Santos; Natália Florêncio Martins; Anne Giselle Buzar; Roberto Coti Togawa; Felipe Rodrigues da Silva & Manoel Teixeira Souza Júnior | 308 |
| <b>PHYLOGENY AND MODELING STUDIES OF 14-3-3 IN Musa acuminata</b>                                                                                                                                               |     |
| ESTUDOS DE FILOGENIA E MODELAGEM ESTRUTURAL DE 14-3-3 DE Musa acuminata                                                                                                                                         |     |
| Natalia Florêncio Martins; Candice M. Romero Santos; Roberto C. Togawa & Manuel T. Souza Júnior                                                                                                                 | 309 |
| <b>APLICACIONES DE CALCIO PARA EL CONTROL DE LA MANCHA DE MADUREZ EN BANANO</b>                                                                                                                                 |     |
| CALCIUM APPLICATIONS FOR BANANA MATURITY BRONZING CONTROL                                                                                                                                                       |     |
| Andrea Carolina Díaz Ismael; John Jairo Mira Castillo & Gerardo Cayón Salinas                                                                                                                                   | 310 |
| <b>APPLICATION OF cDNA-AFLP TECHNIQUE TO IDENTIFY BANANA'S GENES ASSOCIATED WITH SENSITIVITY TO Colletotrichum musae</b>                                                                                        |     |
| APPLICATION DE LA TECHNIQUE cDNA-AFLP SUR BANANES AFIN D'IDENTIFIER LES GENES IMPLIQUES DANS LES DIFFERENCES DE SENSIBILITE DES BANANES A Colletotrichum musae                                                  |     |
| Ludvine Lassois & Haïssam Jijakli                                                                                                                                                                               | 311 |
| <b>CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E QUÍMICA DE FRUTOS DE TRÊS CULTIVARES DE BANANEIRA: PRATA ANÃ, CAIPIRA E THAP MAEO NO NORTE DE MINAS GERAIS</b>                                                                       |     |
| PHYSICAL-CHEMICAL CHARACTERIZATION OF FRUITS OF THREE BANANAS CULTIVARS: PRATA ANÃ, CAIPIRA AND THAP MAEO IN NORTH OF MINAS GERAIS                                                                              |     |
| Valdeir Dias Gonçalves; Marlon Cristian Toledo Pereira; Sílvia Nietzsche; Manoel Xavier Oliveira Júnior; Roberto Célio Antunes Júnior; Tiago Prates Fernandes; Lidiane Franco & Carlos Ruggiero                 | 312 |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>DESENVOLVIMENTO DE CULTIVARES DO SUBGRUPO CAVENDISH, EM FUNÇÃO DAS CONDIÇÕES DE LUMINOSIDADE</b><br>DEVELOPMENT OF CAVENDISH SUBGROUP CULTIVARS IN FUNCTION OF LUMINOSITY CONDITIONS<br>André Luis de Andrade; Humberto Carvalho de Marcílio; Ednaldo Antônio de Andrade; Ciro Cerzerino dos Santos & Zulema Netto Figueiredo                                                                      | <b>313</b> |
| <b>EFFECTO DE LA APLICACIÓN DEL REGULADOR DE CRECIMIENTO BIOZYME TFR EN BANANO</b><br>APPLICATION EFFECT OF PLANT GROWHT REGULATOR BIOZYME TFR IN BANANA<br>Eduardo Dávila; Felipe Chang; Segundo Weisson; Héctor Quintero & Yaneth Pérez                                                                                                                                                             | <b>314</b> |
| <b>PHYSIOLOGY OF A BANANA PLANT'S INTERDEPENDENCE BETWEEN MOTHER AND DAUGHTER</b><br>FISIOLOGIA DA INTERDEPENDÊNCIA ENTRE MÃE E FILHA EM BANANEIRAS<br>A. H. J. Rajamannan & Hugo Cubero Rojas                                                                                                                                                                                                        | <b>315</b> |
| <b>PRODUÇÃO DE ETILENO EM FRUTOS DE BANANA SUBMETIDOS A INJÚRIAS MECÂNICAS</b><br>ETHYLENE PRODUCTION TO MECHANICAL INJURIES IN BANANA FRUITS<br>Ricardo Alfredo Kluge; Juan Saavedra del Aguila; Lília Sichmann Heiffig; Maria das Graças Ongarelli & Angelo Pedro Jacomino                                                                                                                          | <b>316</b> |
| <b>THE ROLE OF GUTTATION IN CLEANING THE BANANA LEAF XYLEM VESSLES FROM BORON EXCESS</b><br>O PAPEL DA GUTAÇÃO NA ELIMINAÇÃO DO EXCESSO DE BORO DO XILEMA FOLIAR EM BANANEIRAS<br>O. Shapira; U. Shani; Y. Israeli & A. Schwartz                                                                                                                                                                      | <b>317</b> |
| <b>NÚMERO MÍNIMO DE HOJAS FUNCIONALES A FLORACIÓN Y COSECHA EN BANANO (Musa AAA SIMMONDS) EN URABÁ, COLOMBIA</b><br>MINIMUM NUMBER OF FUNCTIONAL LEAVES AT FLOWERING AND HARVEST IN BANANA (Musa AAA SIMMONDS) IN URABÁ, COLOMBIA<br>Carolina Rodríguez González; Daniel Gerardo Cayón Salinas & John Jairo Mira Castillo                                                                             | <b>318</b> |
| <b>EFFECTO DEL COLOR DE LAS BOLSAS DE POLIETILENO SOBRE CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE FRUTOS DE BANANO</b><br>EFFECT OF THE COLOR OF POLYETHYLENE BAGS ON THE PHYSICAL AND CHEMICAL CHARACTERISTICS OF THE BANANA FRUITS<br>Miguel Ángel Daza Sanabria & Daniel Gerardo Cayón Salinas                                                                                                            | <b>319</b> |
| <b>INDUCTION OF RESISTANCE ON BANANAS: IS IT A TRANSIENT EFFECT OR CAN THIS INDUCTION EFFECT BE PASSED ON FROM MOTHER PLANT TO DAUGHTER AND THE GRAN DAUGHTER PLANT?</b><br>É A INDUÇÃO DA RESISTÊNCIA EM BANANEIRAS UM EFEITO TRANSIENTE, OU ELA PODE SER PASSADA DA PLANTA-MÃE PARA AS FILHAS E NETAS?<br>Luis H. Jácome & A. Harry Rajamannan                                                      | <b>320</b> |
| <b>EFFECTS OF ORGANIC MULCH AND ROOT DIPS ON ESTABLISHMENT AND ROOT HEALTH OF FRENCH PLANTAIN</b><br>EFFETS DU PAILLIS ORGANIQUE ET DU TRAITEMENT DE L'EAU CHAUDE SUR LE DÉVELOPPMENT ET LE DÉGÂTS AUX RACINES DU PLANTAIN FRANÇAIS<br>Omolar Olaniyi                                                                                                                                                 | <b>321</b> |
| <b>AValiação de clones de banana Cavendish</b><br>EVALUATION OF CAVENDISH BANANA CLONES<br>Sebastião de Oliveira e Silva; Elias Teixeira Pires; Rosa Karla Nogueira Pestana; Juliana da Silva Alves & Adriana Rodrigues Passos                                                                                                                                                                        | <b>322</b> |
| <b>AValiação de genótipos de banana tolerantes e não tolerantes a sigatoka negra em rosario oeste - MT</b><br>EVOLUTION OF BANANA GENOTYPES TOLERANT AND NOT TOLERANT THE BLACK SIGATOKA IN ROSARIO OESTE-MT<br>Humberto de Carvalho Marcílio; Gustavo Alves Pereira; André Luis de Andrade; Joadil Gonçalves de Abreu & José Luis de Almeida324                                                      | <b>323</b> |
| <b>AValiação de genótipos de bananeira na região do baixo São Francisco, Sergipe, Brasil (1º ciclo)</b><br>EVALUATION OF BANANA GENOTYPES IN THE LOW SAO FRANCISCO RIVER BASIN, SERGIPE, BRAZIL (1st. CYCLE)<br>Ana da Silva Léo; Josué Francisco da Silva Júnior; Carlos Alberto da Silva Léo & Sebastião de Oliveira e Silva                                                                        | <b>324</b> |
| <b>AValiação do polimorfismo em mutantes presumíveis de banana (Musa spp.) usando AFLP</b><br>AVALIATION OF POLYMORPHISM IN PRESUMED MUTANTS OF BANANA (Musa spp.) USING AFLP<br>José Carlos Fialho de Resende; Augusto Tulmann Neto; Antônio Vargas de Oliveira Figueira & Débora Sanae Nishimura                                                                                                    | <b>325</b> |
| <b>FERTILIZAÇÃO in vivo de bananeira</b><br>in vivo FERTILIZATION OF BANANA<br>Taliane Leila Soares; Maria Angélica Pereira de Carvalho Costa; Antônio da Silva Souza; Lucymeire Souza Moraes; Onildo Nunes de Jesus; Everton Hilo de Souza; Sebastião de Oliveira e Silva & Janay Almeida Santos-Serejo                                                                                              | <b>326</b> |
| <b>FINGERPRINTING DE VARIEDADES ELITES DE BANANEIRA</b><br>FINGERPRINTING OF ELITE BANANA VARIETIES<br>Onildo Nunes de Jesus; Cláudia Fortes Ferreira; Sebastião de Oliveira e Silva; Terezinha Rangel Câmara; Kátia Nogueira Pestana & Taliane Leila Soares                                                                                                                                          | <b>327</b> |
| <b>GERMINAÇÃO in vitro e viabilidade de grãos de pólen em bananeiras diplóides</b><br>in vitro GERMINATION AND VIABILITY OF POLLEN GRAINS IN BANANA DIPLOIDS<br>Taliane Leila Soares; Maria Angélica Pereira de Carvalho Costa; Antônio da Silva Souza; Lucymeire Souza Moraes; Onildo Nunes de Jesus; Everton Hilo de Souza; Sebastião de Oliveira e Silva & Janay Almeida Santos-Serejo             | <b>328</b> |
| <b>IDENTIFICAÇÃO E SELEÇÃO DE GENÓTIPOS SILVESTRES DE BANANEIRA PARA PRODUÇÃO DE MINIFRUTOS ORNAMENTAIS</b><br>IDENTIFICATION AND SELECTION OF BANANA WILD GENOTYPES TO ORNAMENTAL MINIFRUIT PRODUCTIONS<br>Fernanda Vidigal D. Souza; Janay Almeida dos Santos-Serejo; Everton Hilo de Souza; Sebastião de Oliveira e Silva & Márcio Eduardo Canto Pereira                                           | <b>329</b> |
| <b>REDUÇÃO DA ALTURA DE PLANTAS DE BANANEIRA (Musa spp.) ATRAVÉS DO USO DE RAIOS GAMA E VARIAÇÃO SOMACLONAL</b><br>REDUCING PLANT HEIGHT OF BANANA (Musa spp.) BY USE GAMMA-RAY AND SOMACLONAL VARIATION<br>José Carlos Fialho de Resende; Augusto Tulmann Neto; Sebastião de Oliveira e Silva & Sônia M. N. Montes                                                                                   | <b>330</b> |
| <b>VITÓRIA E JAPIRÁ: NOVAS CULTIVARES DE BANANEIRA DO TIPO 'PRATA'</b><br>VITÓRIA AND JAPIRÁ: NEW CULTIVARS OF BANANA 'PRATA'<br>José Aires Ventura; Sebastião de Oliveira Silva; José Antonio Gomes; Hélio Costa; Luadir Gasparotto; José Clério Rezende Pereira & Mirza Carla N. Pereira                                                                                                            | <b>331</b> |
| <b>AValiação de mudas micropropagadas de banana 'Nanicão' (Cavendish) em função do substrato e adubação, na fase de aclimação</b><br>EVALUATION OF BANANA MICROPROPAGATED PLANTLETS 'NANICÃO' (GIANT CAVENDISH) AS A FUNCTION OF SUBSTRATE AND FERTILIZATION IN THE ACCLIMATIZATION PHASE<br>Edson Shigueaki Nomura; Juliana Domingues Lima; Valéria Augusta Garcia & Domingos Sávio Rodrigues        | <b>332</b> |
| <b>AValiação de mudas micropropagadas de banana 'Prata Anã' (subgrupo Prata) em função do substrato e adubação na fase de aclimação</b><br>EVALUATION OF BANANA MICROPROPAGATED PLANTLETS 'PRATA ANÃ' (SUBGRUPO PRATA) AS A FUNCTION OF SUBSTRATE AND FERTILIZATION IN THE ACCLIMATIZATION PHASE<br>Edson Shigueaki Nomura; Juliana Domingues Lima; Valéria Augusta Garcia & Domingos Sávio Rodrigues | <b>333</b> |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |            |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>DESARROLLO DE NUEVAS TECNOLOGIAS PARA LA MULTIPLICACION DE BANANA EM BIORREACTORES DE ALTO VOLUMEN</b><br>NEW TECHNOLOGIES FOR MICROPROPAGATION OF BANANA IN HIGH VOLUME BIOREACTORS<br>Clemencia Noriega & Maro R. Söndahl                                                                                                                                                                                                                                                                                   | <b>334</b> |
| <b>DETECÇÃO DE VARIAÇÃO SOMACLONAL EM MICROPLANTAS DE Musa acuminata CV. GRANDE NAINÉ</b><br>SOMACLONAL VARIATION DETECTION ON MICROPROPAGATED PLANTS OF THE Musa acuminata CV. GRANDE NAINÉ<br>Gilmar Roberto Zaffari & Gilberto Barbante Kerbaudy                                                                                                                                                                                                                                                              | <b>335</b> |
| <b>EFFECTO DE DOS TIPOS DE MATERIAL DE PROPAGACIÓN EN EL RENDIMIENTO DEL PLÁTANO (Musa AAB, SIMMONDS)</b><br>EFFECTS OF TWO TYPE OF MATERIAL PROPAGATION OF PLANTAIN YIELD (Musa AAB, SIMMONDS)<br>Manuel Díaz Rivera & Maria de Lourdes Lugo                                                                                                                                                                                                                                                                    | <b>336</b> |
| <b>EFEITO DE REGULADORES DE CRESCIMENTO NA FORMAÇÃO DE GEMAS ADVENTÍCIAS in vitro DE Musa acuminata CV. GRANDE NAINÉ</b><br>EFFECT OF GROWTH REGULATORS ON ADVENTICIOUS BUDS FORMATION in vitro OF Musa acuminata cv. GRANDE NAINÉ<br>Gilmar Roberto Zaffari & Gilberto Barbante Kerbaudy                                                                                                                                                                                                                        | <b>337</b> |
| <b>MICROPROPAGAÇÃO DE BANANEIRA IRRADIADA E SELEÇÃO DE PLANTAS DE PORTE BAIXO</b><br>MICROPROPAGATION OF IRRADIATED BANANA AND SELECTION OF SHORT PLANTS<br>Sebastião Oliveira e Silva; Lucymeire Souza Moraes; Janay Almeida Santos-Serejo; Rosa Karla Nogueira Pestana; Lindineia Rios Ribeiro & José Carlos Fialho de Resende                                                                                                                                                                                 | <b>338</b> |
| <b>MULTIPLICACIÓN in vitro DE MUSÁCEAS CON GENES DE TOLERANCIA A BACTERIAS</b><br>in vitro MULTIPLICATION OF Musa WITH BACTERIA TOLERANCE GENES<br>Efraín Geraldo Salaza; Iselen Trujillo; José Geraldo Albarran; Gustavo Saldaña; José Gilberto Surga & Ezequiel Díaz                                                                                                                                                                                                                                           | <b>339</b> |
| <b>CONSERVAÇÃO in vitro DO BANCO DE GERMOPLASMA DE Musa DO CENIAP-INIA</b><br>CONSERVATION in vitro DO BANCO DE GERMOPLASMA DE Musa DO CENIAP-INIA.<br>Morela Fuchs; José Geraldo Albarrán; Gustavo Martínez; Ezequiel Díaz; Edward Manzanilla; Efraín Salazar; Gustavo Saldaña & Iselen Trujillo                                                                                                                                                                                                                | <b>340</b> |
| <b>METHODOLOGY FOR SOMATIC EMBRYOGENESIS IN PLANTAIN (GROUP AAB), INTERPHASE WITH PLANT BREEDING</b><br>METODOLOGÍA DE EMBRIOGÉNESIS SOMÁTICA PARA EL PLÁTANO VIANDA (GRUPO AAB), INTERFASE CON EL MEJORAMIENTO<br>Jorge López; Rafael Gómez; Nery Montano; Damicela Reinaldo; Reinaldo Trujillo; Ayme Rayas; Alfredo Cantero; Manuel Cabrera; Arletys Santos; José Ventura; Humberto Toledo; Víctor Medero; Milagros Basail; Magaly García; María I. Roman & Leneidy Pérez                                      | <b>341</b> |
| <b>PRODUCCION OF VIRUS-FREE BANANAS PLANTLETS</b><br>PRODUÇÃO DE MUDAS DE BANANEIRAS LIVRES DE VÍRUS<br>Jorge Luiz Malburg & Luiz Alberto Lichtemberg                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | <b>342</b> |
| <b>PRÁTICAS DE CULTIVO</b><br><b>CROP MANAGEMENT</b><br><b>PRACTICAS DE CULTIVO</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |            |
| <b>EFFECTO DE CUATRO DENSIDADES DE SIEMBRA SOBRE LA PRODUCCIÓN DEL PLÁTANO (Musa AAB SIMMONDS) EN EL SUR DEL LAGO DE MARACAIBO</b><br>EFFECT OF FOUR SOWING DENSITIES ON THE PRODUCTION OF PLANTAIN (Musa AAB SIMMONDS) SOUTHERN TO THE MARACAIBO LAKE<br>Carlos Gómez; Raisal Rumbos; Joel Vera; Hermes Rosales; Sacramento Magaña-Lemus & José G. Surga                                                                                                                                                        | <b>344</b> |
| <b>EFFECT OF PARING ON THE ESTABLISHMENT AND ROOT DAMAGE OF FRENCH PLANTAIN SUCKERS</b><br>EFFET D'ÉPLUCHEMENT SUR LE DÉVELOPPEMENT VÉGÉTATIF ET LE DÉGÂT DE LA RACINE ET DU BULBE DU PLANTAIN FRANÇAIS<br>Omolara Olaniyi & Sunday Opadare                                                                                                                                                                                                                                                                      | <b>345</b> |
| <b>FERRAMENTA DE APOIO A TOMADA DE DECISÃO PARA CONTROLE DE DOENÇAS EM BANANAS</b><br>INFORMATION AND DECISION SUPPORT SYSTEM FOR DISEASE CONTROL IN BANANA PLANTATION<br>Lucia Moraes Kinceler; Patrick Padilha; Eduardo Nathan Antunes & Wellington Rodrigues                                                                                                                                                                                                                                                  | <b>346</b> |
| <b>PRODUÇÃO DE PRIMEIRO CICLO DA BANANEIRA PRATA ANÃ EM SISTEMA DE INTERPLANTIO NO NORTE DE MINAS GERAIS</b><br>FIRST CYCLE OF YIELD OF PRATA ANÃ ON VARIETY MIXTURES SYSTEM IN NORTH OF MINAS GERAIS<br>Sílvia Nietsche; Marlon Cristian Toledo Pereira; Valdeir Dias Gonçalves; Janaína Ribeiro Oliveira; Telma Alves de Miranda; Manoel Xavier Oliveira Júnior; Roberto Célio Antunes Júnior; Thiago Prates Fernandes; Lidiane Franco & Sebastião de Oliveira e Silva                                         | <b>347</b> |
| <b>MANEJO ORGÂNICO DE SIETE CLONES DE BANANO (Musa) EN CONDICIONES DE BOSQUE SECO TROPICAL: I. FENOLOGÍA</b><br>ORGANIC HANDLING OF SEVEN BANANA CLONES (Musa) IN TROPICAL DRY FOREST: I. PHENOLOGY<br>Carlos Gómez; José Gilberto Surga; Sacramento Magaña-Lemus; Joel Vera; Hermes Rosales & Norelys Pino                                                                                                                                                                                                      | <b>348</b> |
| <b>SENSIBILIDAD DE Ralstonia solanacearum RAZA 2 A TRATAMIENTOS ALTERNATIVOS Y CONVENCIONALES</b><br>SENSITIVITY OF Ralstonia solanacearum RACE 2 A TO ALTERNATIVE AND CONVENTIONAL TREATMENTS<br>Luciano Martínez Bolaños; Isaac Aguilar-Prieto & Saúl Bautista Torres                                                                                                                                                                                                                                          | <b>349</b> |
| <b>ASLAMIENTO Y EVALUACIÓN DE RIZOBACTERIAS POTENCIALES PROMOTORAS DE CRECIMIENTO EN BANANO Y PLÁTANO</b><br>SCREENING FOR POTENTIAL PLANT GROWTH-PROMOTING RHIZOBACTERIA ISOLATED FROM BANANA AND PLANTAIN<br>Camilo A. Ramírez; Paola A. Rodríguez; Luis F. Patiño; Elkin Bustamante & Juan Carlos Pérez                                                                                                                                                                                                       | <b>350</b> |
| <b>RIZOSFERA, NUTRIÇÃO, IRRIGAÇÃO</b><br><b>RHYZOSPHERE, NUTRITION, IRRIGATION</b><br><b>RIZOSFERA, NUTRICIÓN, RIEGO</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |            |
| <b>DISTRIBUIÇÃO DO SISTEMA RADICULAR DA BANANEIRA SOB DIFERENTES CONFIGURAÇÕES DE SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO</b><br>ROOT SYSTEM DISTRIBUTION OF BANANA UNDER DIFFERENT DRIP IRRIGATION SYSTEM CONFIGURATIONS<br>Marcelo Rocha dos Santos; Eugênio Ferreira Coelho; Alisson, J. P. Silva; Roque E. da Costa de Pinho & José Antonio V. Santana                                                                                                                                                         | <b>352</b> |
| <b>EFFECTO DE ROOTING<sup>MR</sup> (GENERADOR RADICULAR) SOBRE DESARROLLO DE RAÍZ Y VEGETATIVO DE BANANO (Musa ssp.) EN VIVERO EM CAMPO</b><br>ROOTING <sup>TM</sup> (ROOT GROWTH ENHANCER) EFFECTS ON ROOT AND VEGETATIVE DEVELOPMENT OF BANANA (Musa spp.) IN NURSERY AND FIELD<br>Enrique Guzmán-Téllez & Daniel Díaz Montenegro                                                                                                                                                                              | <b>353</b> |
| <b>ROOT AND SHOOT DEVELOPMENT DURING THE PLANT CROP AND THE FIRST RATOON OF BANANA AND PLANTAIN (Musa spp.) WITH IMPLICATIONS FOR PERENNIAL CULTIVATION ON DEGRADED ULTISOLS IN SOUTH-EASTERN NIGERIA</b><br>DESARROLLO DE RAÍCES Y OTRAS PARTES DE LA PLANTA DURANTE EL PRIMERO Y SEGUNDO CICLOS DE PRODUCCIÓN EN BANANO Y PLÁTANO (Musa spp.) CON IMPLICACIONES PARA CULTIVOS PERENNES EN ULTISOLAS DEGRADADAS EN EL SURESTE DE NIGERIA<br>Guy Blomme; Rony Swennen; Laban Frank Turyagyenda & Abdou Tenkouano | <b>354</b> |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>SALUD RADICAL DE BANANO EN LOTES DE DIFERENTE PRODUCTIVIDAD EN UN SUELO DE LA COSTA ORIENTAL DEL LAGO DE MARACAIBO, VENEZUELA</b><br>BANANA ROOT HEALTH IN LOTS WITH DIFFERENT PRODUCTIVITY LEVELS IN A SOIL AT THE ORIENTAL COAST OF MARACAIBO LAKE, VENEZUELA<br>Gustavo Rodríguez; María C. Núñez; Deyanira Lobo; Gustavo Martínez; Juan Rey; José G. Espinoza; Nelly Muñoz; María D. González; Franklin Rosales; Luís Pocasangre & Eduardo Delgado                         | <b>355</b> |
| <b>COMPORTAMENTO DA BANANEIRA 'TROPICAL' SOB DIFERENTES NÍVEIS DE TENSÃO DA ÁGUA DO SOLO</b><br>THE PERFORMANCE OF BANANA TREE 'TROPICAL' ON DIFFERENT LEVELS OF SOIL WATER TENSION<br>José Aloísio Alves Moreira; Tatiely Bernardes; Ricardo Aguiar; João Luiz Palma Menegucci; Luis Fernando Stone & Nei Peixoto                                                                                                                                                                | <b>356</b> |
| <b>COMPORTAMENTO PRODUTIVO DA BANANEIRA 'TROPICAL' SOB DIFERENTES NÍVEIS DE TENSÃO DA ÁGUA DO SOLO</b><br>PRODUCTIVE PERFORMANCE OF BANANA TREE 'TROPICAL' ON DIFFERENT LEVELS OF SOIL WATER TENSION<br>José Aloísio Alves Moreira; Tathielly Bernardes; João Luiz Palma Menegucci; Luis Fernando Stone & Ney Peixoto                                                                                                                                                             | <b>357</b> |
| <b>PRODUTIVIDADE DA BANANEIRA 'GRAND NAINÉ' SOB DIFERENTES NÍVEIS DE IRRIGAÇÃO E ÁREA MOLHADA</b><br>YIELD OF 'GRAND NAINÉ' BANANA UNDER DIFFERENT LEVELS OF IRRIGATION AND WETTED AREA<br>Eugênio Ferreira Coelho; Marcelo Rocha dos Santos & Édio Luis da Costa                                                                                                                                                                                                                 | <b>358</b> |
| <b>PRODUTIVIDADE DA BANANEIRA 'BRS TROPICAL' NO PRIMEIRO CICLO SOB DIFERENTES CONFIGURAÇÕES DE SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO POR MICROASPERÇÃO</b><br>YIELD OF 'BRS TROPICAL' BANANA AT THE FIRST CYCLE UNDER DIFFERENT CONFIGURATIONS OF MICROSPRINKLE IRRIGATION SYSTEMS<br>Eugênio Ferreira Coelho; Roque E. da Costa de Pinho; Alisson J. P. da Silva; Mauricio A. Coelho Filho & Marcelo Rocha dos Santos                                                                            | <b>359</b> |
| <b>NUTRITIONAL IMBALANCES IN THE BANANA PLANT AND ITS IMPACT ON BLACK SIGATOKA INFECTIONS</b><br>DESBALANÇOS NUTRICIONAIS EM BANANEIRAS E SEU IMPACTO NAS INFESTAÇÕES DE SIGATOKA NEGRA<br>A. H. J. Rajamannan                                                                                                                                                                                                                                                                    | <b>360</b> |
| <b>AGRONOMIC PERFORMANCE OF TWO Musa SPECIES AS INFLUENCED BY ORGANIC AND INORGANIC FERTILIZERS</b><br>EFEITO DE FERTILIZANTES ORGÂNICOS E INORGÂNICOS NO DESEMPENHO AGRONÔMICO DE DUAS ESPÉCIES DE Musa<br>Sunday O. S. Akinyemi                                                                                                                                                                                                                                                 | <b>361</b> |
| <b>APTITUD DE LOS SUELOS PARA EL CULTIVO DE BANANO EN VENEZUELA, Y SU RELACIÓN CON LA PRODUCTIVIDAD</b><br>SOILS APTITUDE FOR BANANA CROP IN VENEZUELA. RELATIONSHIP WITH THE PRODUCTIVITY<br>Juan Carlos Rey; Mayra Chacín; Manfred Sapuky; Elena Núñez; Gustavo Martínez; Gustavo Rodríguez; José Espinoza; Marco Arturo; Luis Pocasangre; Eduardo Delgado & Franklin Rosales                                                                                                   | <b>362</b> |
| <b>ASPECTOS SOBRE CALIDAD Y SALUD DE SUELOS BANANEROS EN VENEZUELA, Y SU RELACIÓN CON LA PRODUCTIVIDAD. RESULTADOS PRELIMINARES</b><br>QUALITY AND HEALTH OF BANANA SOILS IN VENEZUELA AND THEIR RELATIONSHIP WITH YIELD. PRELIMINARY RESULTS<br>Gustavo Martínez; Juan Carlos Rey; Gustavo Rodríguez; Renato Crozzoli; Ricardina Colmenarez; Deyanira Lobo; María Gonzalez; María Rodríguez; María Carolina; Adriana Cortez; Luis Pocasangre; Eduardo Delgado & Franklin Rosales | <b>363</b> |
| <b>EFFECTO DE AZUFRE, BORO Y ZINC SOBRE LA PRODUCTIVIDAD DEL CULTIVO DE BANANO (Musa AAA) EN LA LOCALIDAD DE 16 DE JULIO DEL TRÓPICO DE COCHABAMBA</b><br>EFEITO DE ENXOFRE, BORO E ZINCO SOBRE A PRODUTIVIDADE DE BANANEIRAS AAA NA LOCALIDADE DE 16 DE JULIO, TRÓPICO DE COCHABAMBA<br>V. R. O. Delgadillo; F. O. Colque & C. A. Ferrufino                                                                                                                                      | <b>364</b> |
| <b>FERTILIZACION DE PLATANO CON ELEMENTOS MENORES EN UN SUELO TROPICAL</b><br>PLANTAIN FERTILIZATION WITH MINOR ELEMETS IN A TROPICAL SOIL<br>Julia M. O'Hallorans; Manuel Diaz & Wanda I. Lugo                                                                                                                                                                                                                                                                                   | <b>365</b> |
| <b>LEVANTAMENTO NUTRICIONAL DOS BANANAIS DA EPAGRI - ESTAÇÃO EXPERIMENTAL DE ITAJAI, SANTA CATARINA, BRASIL</b><br>NUTRITIONAL SURVEY OF BANANA CROPS OF THE EPAGRI, EXPERIMENTAL STATION OF ITAJAÍ, SANTA CATARINA, BRAZIL<br>Marcos Pedro Veber & Jorge Luiz Malburg                                                                                                                                                                                                            | <b>366</b> |
| <b>MUESTREO FOLIAR A DIFERENTES EDADES DEL CULTIVO PLATANO EN VENEZUELA</b><br>FOLIAR SAMPLING AT DIFFERENT AGES FOR THE HORN PLANTAIN IN VENEZUELA<br>V. Rodríguez; O. Rodríguez; A. Sánchez; D. Govea; H. Rosales & R. Salazar                                                                                                                                                                                                                                                  | <b>367</b> |
| <b>PROPRIEDADES QUÍMICAS DO SOLO EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE BANANA NO ESTADO DA BAHIA, BRASIL</b><br>CHEMICAL SOIL PROPERTIES ON BANANA PRODUCTION SYSTEMS IN BAHIA STATE, BRAZIL<br>Ana Lúcia Borges; Marcelo Bezerra Lima; Élio José Alves & Leirson Dantas Bispo                                                                                                                                                                                                               | <b>368</b> |
| <b>RESPUESTA DEL BANANO AL NIVEL DE HUMEDAD EN SUELOS FERRASOLES</b><br>BANANA'S RESPONSE TO MOISTURE LEVEL ON FERRASOL SOIL<br>Roberto Martínez Varona                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | <b>369</b> |
| <b>RESPUESTA EN DESARROLLO Y RENDIMIENTO DE BANANO (Musa AAA SIMMONDS) A LA APLICACIÓN DE CALCIO</b><br>DEVELOPMENT AND YIELD RESPONSE OF BANANAS (Musa AAA SIMMONDS) TO CALCIUM SOURCES<br>Luís Fernando Parra; Andrea Carolina Díaz; John Jairo Mira & Gerardo Cayon                                                                                                                                                                                                            | <b>370</b> |
| <b>USO DEL DRIS EN LA EVALUACIÓN DE LA FERTILIDAD DEL SUELO EN PLÁTANO HARTÓN</b><br>DRIS USE ON HORN PLANTAIN SOIL FERTILTY EVALUATION<br>A. Sánchez; V. Rodríguez; O. Rodríguez & H. Rosales                                                                                                                                                                                                                                                                                    | <b>371</b> |
| <b>FITOSSANIDADE<br/>PLANT PROTECTION<br/>FITOSANIDAD</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |            |
| <b>COMPARISON OF SYSTEMIC FUNGICIDES FOR THE CONTROL OF BLACK SIGATOKA IN COSTA RICA</b><br>COMPARAÇÃO DE FUNGICIDAS SISTÊMICOS PARA O CONTROLE DA SIGATOKA NEGRA EM COSTA RICA<br>John R. Washington & R. Quesada                                                                                                                                                                                                                                                                | <b>373</b> |
| <b>CONTROL DE SIGATOKA NEGRA (Mycosphaerella fijiensis) EN BANANO CON EL FUNGICIDA TRIFLOXISTROBIN</b><br>BLACK SIGATOKA CONTROL (Mycosphaerella fijiensis) IN BANANO WITH THE FUNGICIDE TRIFLOXISTROBIN<br>Mario Orozco-Santos; José Orozco-Romer; Elias Tapia-Ramos & Abel Toledo-Martínez                                                                                                                                                                                      | <b>374</b> |
| <b>DEVELOPMENT OF PCR-BASED DETECTION AND QUANTIFICATION TOOLS FOR THE SIGATOKA DISEASE COMPLEX OF BANANA</b><br>DESENVOLVIMENTO DE FERRAMENTAS BASEADAS EM PCR PARA A DETECÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DE SIGATOKA EM BANANA<br>Mahdi Arzanlou; C. A. Edwin; Gert H. J. Kema Abeln; Cees Waalwijk; Jean Carlier & Pedro W. Crous                                                                                                                                                         | <b>375</b> |
| <b>EFFECTO DE VIGOR CAL PHOS™ (VCP) SOBRE EL CRECIMIENTO DE LA PLANTA Y EL MANEJO DE LA SIGATOKA NEGRA EN BANANO: CASO CARIBANA, S.A. EN COSTA RICA</b><br>EFFECT OF VIGOR CAL PHOS™ (VCP) ON PLANT GROWTH AND MANAGEMENT OF BLACK SIGATOKA ON BANANAS: CARIBANA, S.A., COSTA RICA CASE<br>Alvaro Fournier; Walter Garita & Damián Gonzalez                                                                                                                                       | <b>376</b> |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>EFFECTO DEL CALCIO SOLUBLE EN RENDIMIENTO E INCIDENCIA DE SIGATOKA NEGRA Y MANCHA DE MADUREZ EN BANANO</b><br>EFFECT OF SOLUBLE CALCIUM ON BLACK SIGATOKA, MATURITY BRONZING AND YIELD IN BANANA CROP<br>Jorge García & Isolina Mora                                                                                                                                                                                         | <b>377</b> |
| <b>EFICIÊNCIA DE DOMARK 100 EC® E METILTIOFAN® NO CONTROLE DA SIGATOKA AMARELA EM BANANA</b><br>DOMARK 100 EC® AND METILTIOFAN® EFFICIENCY TO CONTROL OF YELLOW-SIGATOKA DISEASE IN BANANA<br>Marssal Guella Tamagnone & Jorge Luiz Malburg                                                                                                                                                                                     | <b>378</b> |
| <b>HISTOLOGÍA DE LA INTERACCION Mycosphaerella fijiensis-Musa AAA</b><br>HISTOLOGY OF Mycosphaerella fijiensis-Musa AAA INTERACTION<br>Lilliana Hoyos-Carvajal; Eduardo Salazar; José A. Arroyave; Cristian Olaya & John Jairo Mira                                                                                                                                                                                             | <b>379</b> |
| <b>IMPACT OF Mycosphaerella fijiensis TOXINS ON BANANA ANTIOXIDANT SYSTEMS</b><br>EFEITO DE TOXINAS DE Mycosphaerella fijiensis SOBRE OS SISTEMAS ANTIOXIDANTES EM BANANEIRAS<br>Jean-Pierre Busogoro; T. Olivier; M. Leiva & M. H. Jijakli                                                                                                                                                                                     | <b>380</b> |
| <b>PERFIL FITOPATOLOGICO DE LAS MUSACEAS EN VENEZUELA: BREVE ANALISIS, AÑO 2006</b><br>PHYTOPATHOLOGICAL PROFILE OF MUSACEAS IN VENEZUELA: BRIEF ANALYSIS, 2006<br>Gustavo Martínez Solorzano; Dorian Rodríguez; Renato Crozoli; Rafael Pargas & Edwuard Manzanilla                                                                                                                                                             | <b>381</b> |
| <b>PRELIMINARY RESULTS OF SENSITIVITY MONITORING FOLLOWING MULTIPLE APPLICATIONS OF TWO NEW FUNGICIDES</b><br>RESULTADOS PRELIMINARES DO MONITORAMENTO DA SENSIBILIDADE APÓS MÚLTIPLAS APLICAÇÕES DE DOIS NOVOS FUNGICIDAS<br>Pete Davies; Roberto Gonzalez & S. A. Monferi                                                                                                                                                     | <b>382</b> |
| <b>SITUAÇÃO DA SIGATOKA NEGRA EM BANANEIRAS NO ESTADO DO PARANÁ</b><br>SITUATION OF BLACK SIGATOKA ON Musa spp. IN THE PARANÁ STATE, BRAZIL<br>Adriano Munhoz Pereira; Roberto Tomaz; Nelso Eitsi Kanda; Paulo Gatti Paiva & Cézar Augusto Pian                                                                                                                                                                                 | <b>383</b> |
| <b>EFFECTO DE VIGOR CAL PHOS™ (VCP) SOBRE EL CRECIMIENTO DE LA PLANTA Y EL MANEJO DE LA SIGATOKA NEGRA EN BANANO: CASO SAN ANTONIO EN COSTA RICA</b><br>EFFECT OF VIGOR CAL PHOS™ (VCP) ON PLANT GROWTH AND BLACK SIGATOKA MANAGEMENT: SAN ANTONIO, COSTA RICA CASE<br>Luis Araya; Luis Sánchez; Walter Garita & Damián Gonzalez                                                                                                | <b>384</b> |
| <b>EFFECT OF VIGOR CAL PHOS™ (VCP) ON MITIGATION OF BLACK SIGATOKA DISEASE ON BANANAS: PHILIPPINES CASE</b><br>EFEITO DE VIGOR CAL PHOS™ (VCP) NA MITIGAÇÃO DA SIGATOKA NEGRA EM BANANEIRAS: O CASO DAS FILIPINAS<br>Juanito Sangalang; Norma Yamuyam & Mike Utley                                                                                                                                                              | <b>385</b> |
| <b>EFFECT OF VIGOR CAL PHOS™ (VCP) ON PLANT GROWTH AND MITIGATION OF BLACK SIGATOKA ON BANANAS: COLOMBIA CASE</b><br>EFFECTO DE VIGOR CAL PHOS™ (VCP) SOBRE EL DESARROLLO DE LA PLANTA Y EL MANEJO DE LA SIGATOKA NEGRA EN BANANO: CASO COLOMBIA<br>Luis H. Jácome; Rafael Soffia; Ignacio Jiménez & Damián Gonzalez                                                                                                            | <b>386</b> |
| <b>RISK ASSESSMENT OF SPREADING BANANA STREAK VIRUS (BSV) THROUGH in vitro CULTURE</b><br>EVALUATION DU RISQUE DE DIFFUSION DU VIRUS DE LA MOSAÏQUE EN TIRETS DU BANANIER (BSV) PAR LA CULTURE in vitro<br>Michel Folliot; Serge Galzi; Nathalie Laboureau; Marie-Line Iskra-Caruana; Pierre-Yves Teycheney & François Côte                                                                                                     | <b>387</b> |
| <b>EVALUACIÓN DE LA ENFERMEDAD DE MOKO SEGÚN UN ÍNDICE DE RIESGO EN DIEZ FINCAS DE BANANO, EN URABÁ COLOMBIA</b><br>MOKO DISEASE EVALUATION USING RISK INDEX IN TEN BANANAS FARMS, IN URABÁ COLOMBIA<br>Oscar Munar Vivas & Dario Castañeda Sánchez                                                                                                                                                                             | <b>388</b> |
| <b>COMPORTAMIENTO DE Colaspis submetallica Y ESTRATEGIAS DE MANEJO EN BANANO, EN URABÁ COLOMBIA</b><br>Colaspis submetallica BEHAVIOR AND MANAGEMENT STRATEGIES IN BANANAS IN URABÁ COLOMBIA<br>Juan David Carmona; Paola Andrea Rodríguez-Gaviria & Rodrigo Vergara Ruiz                                                                                                                                                       | <b>389</b> |
| <b>EVALUACIÓN DE DAÑOS DE TRIPES DE LA FLOR EN BANANOS</b><br>EVALUATION OF THE FLOWER THRIPS DAMAGE IN BANANA<br>Luiz Alberto Lichtemberg & Henri Stuker                                                                                                                                                                                                                                                                       | <b>390</b> |
| <b>NEW SCREENING METHOD FOR Musa GERMLASM EVALUATION AGAINST BANANA CORM WEEVIL USING BANANA LEAF SHEATH</b><br>NOVO MÉTODO PARA AVALIAÇÃO DE GERMOPLASMA DE Musa PARA A BROCA-DA-BANANEIRA UTILIZANDO A LÂMINA FOLIAR<br>B. Padmanaban                                                                                                                                                                                         | <b>391</b> |
| <b>DINÁMICA DE LA ACTIVIDAD FITOTÓXICA Y PROTEÍNAS EXTRACELULARES EN FILTRADOS DE CULTIVOS DE DIFERENTES RAZAS DE Fusarium oxysporum f. sp. cubense</b><br>DYNAMICS OF THE PHYTOTOXIC ACTIVITY AND EXTRACELLS PROTEINS IN CULTURE FILTRATES OF DIFFERENT RACES OF Fusarium oxysporum f. sp. Cubense<br>B. Companioni; N. Portal; C. Achade; M. Arzola; M. Acosta; B. Roque; Y. Alvarado; M. C. Pérez; R. Santos & J. C. Lorenzo | <b>392</b> |
| <b>EFEITO DE RE-INOCULAÇÕES DE FUNGOS ENDOFÍTICOS SOBRE O CONTROLE DO NEMATÓIDE CAVERNÍCOLA DA BANANEIRA (Radopholus similis)</b><br>EFFECT OF ENDOPHYTIC FUNGI REINOCULATION TOWARD THE BURROWIG NEMATODE OF BANANA (Radopholus similis)<br>E. C. Stolf; L. E. Pocasangre & M. P. Guerra                                                                                                                                       | <b>393</b> |
| <b>EVALUACION DEL YODO Y PEROXIDO DE HIDROGENIO EM FITONEMATODOS DEL BANANO BAJO CONDICIONES CONTROLADAS</b><br>EVALUATION OF IODINE AND HYDROGEN PEROXIDE ON BANANA PARASITIC NEMATODES UNDER CONTROLLED CONDITIONS<br>Rafael Navarro Alzate & Bertha Miryam Gaviria Gutiérrez                                                                                                                                                 | <b>394</b> |
| <b>ROOT-KNOT NEMATODES ATTACKING BANANA IN GUJARAT, WESTERN INDIA</b><br>NEMATÓIDES ATACANDO BANANA EM GUJARAT, WESTERN INDIA<br>A. D. Patel; B. A. Patel & D. J. Patel                                                                                                                                                                                                                                                         | <b>395</b> |
| <b>THE BIOLOGICAL NEMATOCIDE BIOACT AND ITS USE AGAINST BURROWING NEMATODES IN BANANA PRODUCTION</b><br>EL NEMATOCIDE BIOLÓGICO BIOACT Y SU USO CONTRA EL NEMÁTODO BARRENADOR EN LA PRODUCCIÓN DEL PLÁTANO<br>Peter Lüth & Graeme Philip                                                                                                                                                                                        | <b>396</b> |
| <b>AVALIAÇÃO DO ÓLEO DE NIM NA SEVERIDADE DO MAL-DO-PANAMÁ</b><br>EVALUATION OF OIL NIM ON PANAMA DISEASE SEVERITY<br>Lucivânia Sanguinette Silva; Adelica Aparecida Xavier; Regina Cássia Ferreira Ribeiro; Layhre Izaete Silveira Gomes; Sílvia Niescthe; Edson Hyidu Mizobutsi; Telma Miranda dos Santos & Elisângela Kele Celestina Pereira Silveira                                                                        | <b>397</b> |
| <b>EFEITOS DO MILHO, FEIJÃO E CAUPI NA AGREGAÇÃO DE VALOR AO CULTIVO DA BANANEIRA 'TERRA'</b><br>EFFECTS OF CORN, BEANS AND COWPEA IN VALUE ADDING OF PLANTAINS<br>Marcelo Bezerra Lima; Élio José Alves; Ana Lúcia Borges; Adriana Rodrigues Passos & Lindnéia Rios Ribeiro                                                                                                                                                    | <b>398</b> |

|                                                                                                                                                                                                                   |            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>REAÇÃO DE GENÓTIPOS DIPLOIDES (AA) DE BANANEIRA AO MAL-DO-PANAMÁ EM CONDIÇÕES DE CAMPO</b>                                                                                                                     |            |
| REACTION OF BANANA DIPLOID GENOTYPES TO PANAMA DISEASE UNDER FIELD CONDITIONS                                                                                                                                     |            |
| Aristóteles Pires de Matos; Zilton José Maciel Cordeiro; Sebastião de Oliveira e Silva; Danuzia Maria Vieira Ferreira & Rafaela Oliva Trocoli                                                                     | <b>399</b> |
| <b>PÓS-COLHEITA, AGROINDÚSTRIA, ECONOMIA</b>                                                                                                                                                                      |            |
| <b>POST-HARVEST, AGROINDUSTRY, ECONOMICS</b>                                                                                                                                                                      |            |
| <b>POSTCOSECHA, AGROINDUSTRIA, ECONOMÍA</b>                                                                                                                                                                       |            |
| <b>CARACTERIZAÇÃO PÓS-COLHEITA DOS FRUTOS DE BANANEIRA (Musa spp.)</b>                                                                                                                                            |            |
| POSTHARVEST CHARACTERIZATION OF FRUITS FROM BANANA GENOTYPES                                                                                                                                                      |            |
| Sílvia Barbosa dos Santos; Márcio Eduardo Canto Pereira; Sebastião de Oliveira e Silva & Taliane Leila Soares                                                                                                     | <b>401</b> |
| <b>ANÁLISE SENSORIAL DE CULTIVARES DE BANANA 'TROPICAL', EM RELAÇÃO À 'PRATA' E 'MAÇÃ'</b>                                                                                                                        |            |
| SENSORIAL ANALYSIS OF BANANA CULTIVARS 'TROPICAL' VERSUS 'PRATA' AND 'MAÇÃ'                                                                                                                                       |            |
| Aurélio Ludovico de Almeida Martinez; João Luiz Palma Menegucci; Juracy Rocha Braga Filho; Tatiely Gomes Bernardes; Marcos Antônio Machado Mesquita & Ronaldo Veloso Naves                                        | <b>402</b> |
| <b>APTIDÃO DE GENÓTIPOS DE BANANEIRA PARA PRODUÇÃO DE BANANA-PASSA</b>                                                                                                                                            |            |
| APTITUDE OF BANANA GENOTYPES IN THE PRODUCTION OF DEHYDRATED BANANA                                                                                                                                               |            |
| Edneide Luciana Santiago Matos; Alexandra Pereira dos Santos; Rossana Catie Bueno de Godoy & Sebastião de Oliveira e Silva                                                                                        | <b>403</b> |
| <b>AValiação Física e Química de Frutos de Bananeira Cultivar 'Tropical' Sob Diferentes Tensões da Água no Solo</b>                                                                                               |            |
| PHYSICAL AND CHEMICAL EVALUATION OF BANANA FRUITS 'TROPICAL' ON DIFFERENT TENSIONS OF THE WATER IN THE SOIL                                                                                                       |            |
| Tatiely Gomes Bernardes; Marcos Antônio Machado Mesquita; Marilza dos Santos Lacerda; Renata Alves Aguiar; José Aloísio Alves Moreira; Luis Fernando Stone; João Luiz Palma Menegucci & Nei Peixoto               | <b>404</b> |
| <b>DESAFIOS DO ARTESANATO COM FIBRA DE BANANEIRA: O CONTROLE DE FUNGOS E INSETOS NA MATÉRIA-PRIMA</b>                                                                                                             |            |
| CHALLENGES ON CRAFTSMANSHIP FROM BANANA FIBER: FUNGI AND INSECTS'S CONTROL IN PRIME-MATERIAL                                                                                                                      |            |
| Maria Elisa de Paula Eduardo Garavello; Vivyan Justi Conceição; Camila Schorr Reinert; Raquel Pisinato; Márcia Regina da Silva; Kátia Pacheco dos Santos; Sílvia Maria Guerra Molina & Marcos Paulo Bento Freitas | <b>405</b> |
| <b>DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA: PRE-TRATAMIENTO DE BANANA FHIA-01 PARA LA ELABORACIÓN DE MERMELADA</b>                                                                                                                |            |
| OSMOTIC DEHYDRATION: PRETREATMENT OF BANANA FHIA-01USED FOR PRESERVES                                                                                                                                             |            |
| Laura Virginia Madrigal-Ambríz; José Orozco-Romero; Joel Vázquez-Galindo; Martha Alejandrina Rodríguez-Pérez & Santiago Velasco Villalpando                                                                       | <b>406</b> |
| <b>ELABORACIÓN DE ARTESANÍAS CON EL PSEUDOTALLO Y HOJAS DE PLÁTANO EN CÓRDOBA, COLOMBIA S.A.</b>                                                                                                                  |            |
| ELABORATION OF ARTISAN DESIGN MAKED IN LEAF OF A PLANT AND PSEUDO STEMS OF PLANTAIN IN CORDOBA- COLOMBIA S.A.                                                                                                     |            |
| Marcos A. Pineda Cabrales & Luis E. Rosa Salazar                                                                                                                                                                  | <b>407</b> |
| <b>CARACTERIZACIÓN DE LA COMERCIALIZACIÓN DEL PLÁTANO (Musa AAB CV. 'HARTÓN') ESTADO ZULIA – VENEZUELA</b>                                                                                                        |            |
| CHARACTERIZATION OF THE COMMERCIALIZATION OF THE PLANTAIN (Musa AAB CV. HARTÓN) ZULIA STATE - VENEZUELA                                                                                                           |            |
| Jesus Avendaño; Elsie Moran & Nelduby González                                                                                                                                                                    | <b>408</b> |
| <b>FACTORES TÉCNICOS RELACIONADOS CON LA CALIDAD DE EXPORTACIÓN DE PLÁTANO (Musa AAB) CV.HARTON</b>                                                                                                               |            |
| TECHNICAL FACTORS RELATED TO THE QUALITY OF BANANA EXPORT (Musa AAB) CV. HARTON                                                                                                                                   |            |
| Johanna Labarca; Merilyn Coromoto Marín; Yvo Hernández; Luis Fuentes & Claudia Paredes                                                                                                                            | <b>409</b> |
| <b>LOS NÚCLEOS DE PRODUCCIÓN DE PLÁTANO: ENCUESTA DE OPINIÓN A AGENTES AGRÍCOLAS DE PUERTO RICO</b>                                                                                                               |            |
| PLANTAIN PRODUCTION CELLS: OPINION SURVEY TO AGRICULTURAL AGENTS IN PUERTO RICO                                                                                                                                   |            |
| Mildred Cortés & Leticia Gayol                                                                                                                                                                                    | <b>410</b> |
| <b>CASO DE ESTUDIO, USO DE UN PROTOTIPO DIGITAL INTEGRADO PARA LA CLASIFICACIÓN DE COBERTURAS Y USO DE LA TIERRA EN UNA FINCA BANANERA, URABA COLOMBIA</b>                                                        |            |
| STUDY CASE USING A DIGITAL INTEGRATED PROTOTYPE TO LAND COVER/USE IN TO BANANA FARM IN URABA COLOMBIA                                                                                                             |            |
| Yesenia Montoya; Darío Castañeda S. & Carlos A. Escobar Chalarca                                                                                                                                                  | <b>411</b> |
| <b>DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE MATERIALES PARA ELEMENTOS DE AMARRE</b>                                                                                                                                             |            |
| DEVELOPMENT AND EVALUATION OF MATERIALS FOR MOORING ELEMENTS                                                                                                                                                      |            |
| Angélica Gil Pilonieta; Herbert Kerguelén Grajales & Piedad Gañán R.                                                                                                                                              | <b>412</b> |
| <b>DISTRIBUIÇÃO DO SISTEMA RADICULAR DA BANANEIRA SOB DIFERENTES CONFIGURAÇÕES DE SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO POR MICROASPERÇÃO</b>                                                                                     |            |
| ROOT SYSTEM DISTRIBUTION OF BANANA UNDER DIFFERENT MICROSPRINKLE IRRIGATION SYSTEM CONFIGURATIONS                                                                                                                 |            |
| Marcelo Rocha dos Santos; Eugênio Ferreira Coelho; Alisson Jadavi Pereira da Silva; Roque Emmanuel da Costa de Pinho; José Antônio V. Santana & Maurício Antônio Coelho Filho                                     | <b>413</b> |
| <b>EFFECTS OF HURRICANE CATARINA ON 21 BANANA GENOTYPES, IN THE STATE OF SANTA CATARINA, BRAZIL</b>                                                                                                               |            |
| EFEITOS DO FURACÃO CATARINA EM 21 GENÓTIPOS DE BANANEIRAS, EM SANTA CATARINA, BRASIL                                                                                                                              |            |
| Márcio Sônego; Luiz Augusto Martins Peruch; Luiz Alberto Lichtemberg & Derrick Jean Moot                                                                                                                          | <b>414</b> |
| <b>MÉTODO PARA ESTIMAR A ÁREA DA CASCA DE BANANAS 'PRATA ANÃ'</b>                                                                                                                                                 |            |
| METHOD FOR ESTIMATING SKIN AREA OF 'PRATA ANÃ' BANANAS                                                                                                                                                            |            |
| Victor Martins Maia; Luiz Carlos Chamhum Salomão; Dalmo Lopes Siqueira; Paulo Roberto Cecon & Virgílio Jamir Gonçalves Mota Filho                                                                                 | <b>415</b> |



| VOLUME 2                                                                                                                                                                                                                  |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| TRABALHOS COMPLETOS / FULL PAPERS / TRABAJOS COMPLETOS                                                                                                                                                                    |     |
| BOTÁNICA, GENÉTICA & MELHORAMENTO, FISILOGIA<br>BOTANY, GENETICS & PLANT BREEDING, PHYSIOLOGY<br>BOTANICA, GENETICA Y MEJORAMIENTO, FISILOGIA                                                                             |     |
| EVALUACIÓN DE VARIABLES ANATÓMICAS FOLIARES EN TRES CLONES DE <i>Musa</i> DE DIFERENTE PLOIDÍA Y SU RELACIÓN CON EL GRADO DE INCIDENCIA A SIGATOKA ( <i>Mycosphaerella</i> sp.)                                           |     |
| EVALUATION OF LEAVES ANATOMICAL FEATURES IN THREE <i>Musa</i> CLONES OF DIFFERENT PLOYDIA IN RELATION TO SIGATOKA DISEASE ( <i>Mycosphaerella</i> sp.)                                                                    |     |
| Gustavo Rodríguez; Manuel Negrín & Marina García                                                                                                                                                                          | 417 |
| STUDIES ON GENETIC DIVERGENCE OF BANANA CULTIVARS IN WEST BENGAL FOLLOWING VARIOUS MULTIVARIATE TECHNIQUES                                                                                                                |     |
| ESTUDOS DE DIVERGÊNCIA GENÉTICA EM CULTIVARES DE BANANEIRAS EM WEST BENGAL POR VÁRIAS TÉCNICAS MULTIVARIADAS                                                                                                              |     |
| K. K. Mandal; S. Sarkar; D.Majumder & M. A. Hasan                                                                                                                                                                         | 424 |
| AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA DE GENÓTIPOS DIPLÓIDES DE BANANEIRA À SIGATOKA-AMARELA                                                                                                                                           |     |
| EVALUATION OF RESISTANCE OF DIPLOID GENOTYPES OF BANANA TO YELLOW SIGATOKA                                                                                                                                                |     |
| Jucilayne Fernandes Vieira; Zilton José Maciel Cordeiro; Aristoteles Pires Matos & Sebastião de Oliveira e Silva                                                                                                          | 429 |
| AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA DE GENÓTIPOS TETRAPLOIDES DE BANANEIRA À SIGATOKA-AMARELA                                                                                                                                        |     |
| EVALUATION OF RESISTANCE OF TETRAPLOIDES GENOTYPES OF BANANA TO YELLOW SIGATOKA                                                                                                                                           |     |
| Zilton José Maciel Cordeiro; Jucilayne Fernandes Vieira; Aristoteles Pires Matos & Sebastião Oliveira e Silva                                                                                                             | 433 |
| BANANA VARIETIES RESISTANT TO BLACK SIGATOKA IN BRAZIL                                                                                                                                                                    |     |
| VARIEDADES DE BANANA RESISTENTES À SIGATOKA-NEGRA NO BRASIL                                                                                                                                                               |     |
| Aristoteles Pires de Matos; Zilton José Maciel Cordeiro & Sebastião de Oliveira e Silva                                                                                                                                   | 437 |
| BREEDING OF CERTAIN <i>Musa</i> CULTIVARS AND HYBRIDS FOR RESISTANCE TO NEMATODES AND Fusarium WILT (FOC- Race-I)                                                                                                         |     |
| MELHORAMENTO DE CULTIVARES E HÍBRIDOS DE <i>Musa</i> PARA RESISTÊNCIA A NEMATÓIDES E Fusarium (FOC- Race-I)                                                                                                               |     |
| Kavitha Perianna Gounder Shanmugam; Balamohan Thangappan Narayani & Poornima Kizhakoot                                                                                                                                    | 441 |
| CARACTERIZACIÓN DE LA VARIABILIDAD GENÉTICA EN GENOTIPOS DE PLÁTANO ( <i>Musa</i> spp.)                                                                                                                                   |     |
| CHARACTERIZATION OF GENETIC VARIABILITY IN BANANA GENOTYPES ( <i>Musa</i> spp.)                                                                                                                                           |     |
| Lianet González Díaz; Sergio Rodríguez Morales; María Isabel Román; Teresa Ramírez Pedraza; Miguel Hernández Estrada; Yoel Beovides García; Osmany Molina Concepción; Juan Ramón Gálvez Guerra & Eliécer Reinaldo Álvarez | 446 |
| COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE NUEVOS CULTIVARES DE PLÁTANO EN EL OCCIDENTE DE MEXICO                                                                                                                                       |     |
| AGRONOMIC BEHAVIOR OF NEW PLANTAIN CULTIVARS FOR WESTERN MEXICO                                                                                                                                                           |     |
| Victor Vázquez Valdivia; María Hilda Pérez Barraza & Jorge A. Osuna García                                                                                                                                                | 454 |
| DETECCIÓN DE LA VARIABILIDAD GENÉTICA EN SOMACLONES DE BANANOS Y PLÁTANOS                                                                                                                                                 |     |
| DETECTION OF GENETIC VARIABILITY IN SOMACLONES OF BANANAS AND PLANTAIN                                                                                                                                                    |     |
| María Isabel Román; Clara González; Xonia Xiqués; Maruchi Alonso; Francisco Dueñas; Miguel Hernández; Lianet González; Teresa Ramírez; Marlyn Valdés; Alejandro Rojas & Leneidy Pérez                                     | 459 |
| DIVERSIDADE GENÉTICA DE GERMOPLASMA DE <i>Musa</i> DA EPAGRI USANDO MARCADORES RAPD                                                                                                                                       |     |
| GENETIC DIVERSITY OF <i>Musa</i> GERMOPLASM FROM EPAGRI USING RAPD MARKERS                                                                                                                                                |     |
| Fernando A. Tcacenco; Kaira S. Pauli; Maycon E. Nicoletti; Fátima T. Rampelotti; Anderson Ferreira & Luiz A. Lichtemberg                                                                                                  | 464 |
| EVALUACIÓN DE SELECCIONES LOCALES DE 'PEQUEÑA ENANA' ( <i>Musa</i> acuminata COLLA, AAA, SUBGRUPO CAVENDISH ) EN LAS ISLAS CANARIAS                                                                                       |     |
| EVALUATION OF LOCAL 'DWARF CAVENDISH' SELECTIONS ( <i>Musa</i> acuminata COLLA, AAA, SUBGROUP CAVENDISH) IN THE CANARY ISLANDS                                                                                            |     |
| Juan Cabrera Cabrera & Victor Galán Saúco                                                                                                                                                                                 | 468 |
| OBTENCIÓN DE HÍBRIDOS DE BANANOS Y PLATANOS EN CUBA                                                                                                                                                                       |     |
| BANANA AND PLANTAIN HYBRIDS IN CUBA                                                                                                                                                                                       |     |
| Teresa Ramírez Pedraza; Lianet González Díaz; José de la C. Ventura Martín; Ricardo Hernández Pérez; Miguel Hernández Estrada; Juan Ramón Gálvez Guerra & Eliécer Reinaldo                                                | 475 |
| USO DE RAPD PARA LA CARACTERIZACIÓN MOLECULAR DE GENOTIPOS DE <i>Musa</i> AAA PROPAGADOS in vitro                                                                                                                         |     |
| USE OF RAPD FOR THE MOLECULAR CHARACTERIZATION OF in vitro PROPAGATED GENOTYPES OF <i>Musa</i> AAA                                                                                                                        |     |
| Efraín Gerardo Salazar; José Gilberto Sarga; Julio A. Landínez & Iselen Trujillo                                                                                                                                          | 484 |
| DERIVES AUXINIQUES ET PRODUCTION DE BANANE PLANTAIN EN COTE D'IVOIRE                                                                                                                                                      |     |
| EFFETS OF AUXINIC DERIVES ON PLANTAIN YIELD IN COTE D'IVOIRE                                                                                                                                                              |     |
| Louise Turquin; Séverin Ake; Pierre Abo Anno; Yao Thomas N'guessan & Etchié Degny                                                                                                                                         | 487 |
| STANDARDIZATION OF in vitro PRODUCTION TECHNIQUES AND INDUCTION OF SALT TOLERANCE IN BANANA ( <i>Musa</i> sp.)                                                                                                            |     |
| PADRONIZAÇÃO DE TÉCNICAS PARA PRODUÇÃO in vitro E INDUÇÃO DE TOLERÂNCIA A SAL EM BANANEIRAS ( <i>Musa</i> sp.)                                                                                                            |     |
| H. Vijayaraghavan; S. Easwaren & J. Karamathullah                                                                                                                                                                         | 492 |
| COMPARISON OF BAP AND KINETIN ON PROLIFERATION RATE OF BANANA ( <i>Musa</i> sp.) CV. BASRAI                                                                                                                               |     |
| COMPARAÇÃO ENTRE BAP E KINETINA NAS TAXAS DE PROLIFERAÇÃO DE BANANA ( <i>Musa</i> sp.) CV. BASRAI                                                                                                                         |     |
| Aish Muhammad; Hamid Rashid; Iqbal Hussain & S. M. Saqlan Naqvi                                                                                                                                                           | 494 |
| COMPRIMENTO DE EXPLANTES E PROTOCOLOS DE ASEPSIA PARA MICROPROPAGAÇÃO DE BANANEIRA 'PRATA-ANÃ'                                                                                                                            |     |
| EXPLANTS SIZE AND ASEPSIS PROTOCOLS IN THE MICROPROPAGATION OF BANANA PLANT 'PRATA-ANÃ'                                                                                                                                   |     |
| Sara de Almeida Rios; Silvia Nietsche; Marlon Cristian Toledo Pereira; Adelica Aparecida Xavier; Tiago Prates Fernandes & Márcia Maria Dias                                                                               | 498 |
| EFFECTO DEL PLANT PRESERVATIVE MIXTURE™ (PPM) Y BENCILAMINOPURINA EN LA PROPAGACION in vitro DEL PLÁTANO 'MACHO' ( <i>Musa</i> AAB)                                                                                       |     |
| EFFECT OF PPM™ AND BENCYL AMINOPURINE ON in vitro PROPAGATION OF 'MACHO' PLANTAIN ( <i>Musa</i> AAB)                                                                                                                      |     |
| María Hilda Pérez Barraza; Victor Vázquez Valdivia & Jorge A. Osuna García                                                                                                                                                | 504 |
| GERMINATION OF <i>Musa</i> balbisiana SEEDS AND EMBRYOS                                                                                                                                                                   |     |
| GERMINATION DE GRAINES ET D'EMBRYONS VENANT DE <i>Musa</i> balbisiana                                                                                                                                                     |     |
| K. Z. Ahmed; S. Remy; L. Sági & R. Swennen                                                                                                                                                                                | 510 |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>METODOLOGIA PARA LA MULTIPLICACION DEL CULTIVAR HIBRIDO 'FHIA-21' (AAAB) EN SISTEMA DE INMERSION TEMPORAL</b><br>METHODOLOGY FOR in vitro MULTIPLICATION OF PLANTAIN HYBRID 'FHIA-21' (AAAB) IN A TEMPORAL IMMERSION SYSTEM<br>Milagros Basail Pérez; Rafael Gómez Kosky; Víctor Medero Vega; Marlenys Torres Delgado; Eneida Otero Gálvez; Manuel Cabrera Jova; Arletys Santos Pino; Jorge López Torres; Magali García García; Aymé Rayas Cabrera; Yoel Beovides García; Alberto Espinosa Cue                                                                                       | <b>513</b> |
| <b>PLANTLET REGENERATION FROM SUSPENSION CELLS OF A DIPLOID HYBRID BANANA</b><br>REGENERAÇÃO DE PLÂNTULAS A PARTIR DE CÉLULAS EM SUSPENSÃO DE UM HÍBRIDO DIPLÓIDE DE BANANA<br>Kazumitsu Matsumoto; Marly Catarina Felipe Coelho; Manoel Teixeira Souza Júnior & João Batista Teixeira                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | <b>523</b> |
| <b>THE INFLUENCE OF SUCKER MANAGEMENT ON PRODUCTION POTENTIAL OF TISSUE CULTURED CAVENDISH BANANAS IN THE SUBTROPICS</b><br>L'EFFET DE LA GESTION DES REJETS SUR LE POTENTIEL DE PRODUCTION DES BANANES CAVENDISH ISSUES DE CULTURE DE TISSUE DANS LES REGIONS SUBTROPICALES<br>Connie Fraser; John Charles Robinson & John Patrick Bower                                                                                                                                                                                                                                               | <b>528</b> |
| <b>PRÁTICAS DE CULTIVO</b><br><b>CROP MANAGEMENT</b><br><b>PRACTICAS DE CULTIVO</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |            |
| <b>EFFECT OF DEHANDING ON FRUIT AND BUNCH CHARACTERS AND SHOOTING - HARVEST INTERVAL OF BANANA</b><br>EFEITO DA DESPENCA NAS CARACTERÍSTICAS DE FRUTOS E CACHOS E NA REBROTA - INTERVALOS DE COLHEITA<br>Md. Abu Hasan; Surajit Sarkar & Debashis Majumder                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | <b>532</b> |
| <b>PODA DE MANOS EN EL CLON FHIA-21 (Musa AAAB) Y SU EFECTO SOBRE LAS DIMENSIONES DEL FRUTO Y ASPECTOS DE CALIDAD</b><br>BUNCH TRIMMING IN FHIA-21 CLONE (Musa AAAB) AND EFFECTS OF FRUITS SIZE AND QUALITY ASPECTS<br>Gustavo Rodríguez; Nelly Muñoz & Julio Márquez                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | <b>536</b> |
| <b>PRODUÇÃO DE PRIMEIRO CICLO DAS BANANEIRAS 'PRATA ANÃ', 'THAP MAEO' E 'CAIPIRA' SOB TRÊS SISTEMAS DE PLANTIO NO NORTE DE MINAS GERAIS, BRASIL</b><br>FIRST CYCLE PRODUCTION OF 'PRATA ANÃ', 'THAP MAEO' AND 'CAIPIRA' BANANAS ON THREE PLANTING SYSTEMS IN THE NORTH OF THE STATE OF MINAS GERAIS, BRAZIL<br>Marlon Cristian Toledo Pereira; Sílvia Nietzsche; Valdeir Dias Gonçalves; Roberto Célio Antunes Júnior; Manoel Xavier Oliveira Júnior; Janaina Ribeiro Oliveira; Telma Miranda dos Santos; Sebastião de Oliveira e Silva & Carlos Ruggiero                               | <b>545</b> |
| <b>ASSESSMENT OF MICROBIAL LEVELS AND DIVERSITY AT PAIRED BANANA SITES</b><br>AVALIAÇÃO DA QUANTIDADE E DA DIVERSIDADE MICROBIANA EM SÍTIOS DE BANANICULTURA PAREADOS<br>L. M. Gulino & A. B. Pattison                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | <b>550</b> |
| <b>AVALIAÇÃO DE GENÓTIPOS DE BANANEIRA EM SISTEMA ORGÂNICO DE PRODUÇÃO</b><br>EVALUATION OF BANANA CULTIVARS IN ORGANIC PRODUCTION SYSTEM<br>Humberto de Carvalho Marclício; André Luis de Andrade; Gustavo Alves Pereira; Joadil Gonçalves de Abreu & Ciro Cercino dos Santos                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | <b>553</b> |
| <b>BUNCH WEIGHT OF 21 BANANA GENOTYPES IN ORGANIC SYSTEM IN THE STATE OF SANTA CATARINA, BRAZIL</b><br>PESO DE CACHO DE 21 GENÓTIPOS DE BANANEIRAS, SOB CULTIVO ORGÂNICO, EM SANTA CATARINA, BRASIL<br>Márcio Sônego; Luiz Augusto Martins Peruch; Luiz Alberto Lichtemberg; Derrick Jean Moot & Cristiano Nunes Nesi                                                                                                                                                                                                                                                                   | <b>557</b> |
| <b>INHIBICION DEL CRECIMIENTO MICELIAL DE Fusarium oxysporum f. sp. cubense CON EXTRACTO ETANOLICO DE CINCO PLANTAS SILVESTRES</b><br>INHIBITION OF MYCELIAL GROWTH OF Fusarium oxysporum f. sp. cubense WITH ETHANOLIC EXTRACT OF FIVE WILD PLANTS<br>Dorian Rodríguez; María Sanabria; Alexander Chirinos; Robert Guerra; Danny Martinez; Anibal Perozo & Ricardo Rodríguez                                                                                                                                                                                                           | <b>562</b> |
| <b>EFFECTO DEL EXTRACTO ETANOLICO DE Heliotropium indicum L., Lippia origanoides H. B. K. Y Phyllanthus niruri L. EN HIJOS DE 'PLATANO HARTON' (Musa AAB) EN EL CONTROL DE Mycosphaerella fijiensis MORELET EN YARACUY, VENEZUELA</b><br>EFFECT OF EXTRACT ETANOLICO OF Heliotropium indicum L., Lippia origanoides H. B. K. AND Phyllanthus niruri L. IN CHILDREN OF 'HARTÓN PLANTAIN' (Musa AAB) IN THE CONTROL OF Mycosphaerella fijiensis MORELET IN YARACUY, VENEZUELA<br>Julitt Belén Hernández Fermín; Dorian A. Rodríguez; María Elena Sanabria; Gíomar Blanco & Nelly Sanabria | <b>565</b> |
| <b>EVALUACION DE EXTRACTOS VEGETALES PARA EL CONTROL DE Mycosphaerella fijiensis EN PLATANO 'HARTON' (Musa AAB) EN CORDOBA-COLOMBIA</b><br>EVALUATION OF PLANT EXTRACTS TO CONTROL THE GROWING OF Mycosphaerella fijiensis ON PLANTAIN 'HARTON' (Musa AAB) IN DEPARTAMENT OF CORDOBA-COLOMBIA<br>Orlando Marín Borja; Marelis Mass Villadiego & José Barrera Violeth                                                                                                                                                                                                                    | <b>569</b> |
| <b>USO DEL LOMBRICOMPOST EN COMBINACIÓN CON EL FERTILIZANTE QUÍMICO CONVENCIONAL EN EL CULTIVO DEL PLÁTANO 'CURRARE GIGANTE' (Musa AAB)</b><br>USE OF "WORM COMPOST" AS FERTILIZER SOURCE FOR THE PLANTAINS CROP "CURRARE GIGANTE" (Musa AAB)<br>Saúl Brenes Gamboa & Luis Mora Alfaro                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | <b>576</b> |
| <b>RIZOSFERA, NUTRIÇÃO, IRRIGAÇÃO</b><br><b>RHYZOSPHERE, NUTRITION, IRRIGATION</b><br><b>RIZOSFERA, NUTRICIÓN, RIEGO</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |            |
| <b>EFEITO DA FERTIRRIGAÇÃO COM POTÁSSIO NA CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DE BANANA 'MAÇÃ'</b><br>EFFECTS OF FERTIRRIGATION WITH POTASSIUM IN THE POSHARVEST CONSERVATION OF BANANA 'MAÇÃ'<br>Erval Rafael Damatto Junior; Regina Marta Evangelista; Everaldo Mariano Gomes; Sarita Leonel & Rogério Lopes Vieites                                                                                                                                                                                                                                                                            | <b>578</b> |
| <b>THE USE OF SECONDARY TREATED EFFLUENT FOR BANANA IRRIGATION IN THE JORDAN VALLEY, ISRAEL</b><br>EL USO DE EFLUENTES SECUNDARIOS PARA EL RIEGO DEL BANANO EN EL VALLE DEL JORDAN, ISRAEL<br>Yair Israeli; Nurit Ben Hagai & Yuval Levy                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | <b>582</b> |
| <b>ADAPTABILITE DU BANANIER PLANTAIN (Musa paradisiaca) AUX CONDITIONS PEDO-CLIMATIQUES DE KATIBOUGOU, MALI</b><br>ADAPTATION OF Musa paradisiaca TO SOIL AND CLIMATIC CONDITIONS IN KATIBOUGOU, MALI<br>Abdoulaye Sidibe; Faustin Ontsougou; Bakary M. Traore; Sériba Keita & Nadou Paul Sanogo                                                                                                                                                                                                                                                                                        | <b>585</b> |
| <b>AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS BIOMÉTRICOS E PRODUTIVOS NO TERCEIRO CICLO DE BANANEIRAS 'PRATA-ANÃ' EM FUNÇÃO DO EFEITO RESIDUAL DA ADUBAÇÃO ORGÂNICA FEITA NO PRIMEIRO CICLO</b><br>EVALUATION OF BIOMETRIC AND PRODUCTIVE PARAMETERS IN THE THIRD PRODUCTION CYCLE OF BANANA PLANT 'PRATA-ANÃ' ACCORDING TO THE RESIDUAL EFFECT OF ORGANIC FERTILIZATION IN THE FIRST CYCLE<br>Rodrigo Domingues Barbosa; Erval Rafael Damatto Junior; Roberto Lyra Villas Boas & Júlio César Thoaldo Romeiro                                                                                            | <b>592</b> |
| <b>CULTIVO DE BANANO EN COAHUAYANA, MICHOACÁN, MÉXICO: 1. CRONOSECUENCIA DE SUELOS</b><br>BANANA PLANTATION IN COAHUAYANA, MICHOACAN, MEXICO: 1. SOILS CHRONOSEQUENCE<br>Octavio Pérez Zamora; Jose Orozco Romero & Ma. Remedios Cígaes Rivero                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | <b>597</b> |
| <b>CULTIVO DE BANANO EN COAHUAYANA, MICHOACÁN, MÉXICO: 2. DISTRIBUCIÓN Y FORMACIÓN DE HORIZONTES CALCICOS</b><br>BANANA PLANTATION IN COAHUAYANA, MICHOACÁN, MEXICO: 2. CALCIC HORIZONS, DISTRIBUTION AND FORMATION<br>Octavio Pérez Zamora; Jose Orozco Romero & Ma. Remedios Cígaes Rivero                                                                                                                                                                                                                                                                                            | <b>601</b> |



|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>EFFECTO DE DIFERENTES SUSTRATOS Y DOSIS DE NITROGENO SOBRE EL DESARROLLO DE PLANTAS DE BANANO (Musa AAA) EN ETAPA DE VIVERO</b><br>EFFECTS OF DIFFERENTS SUBSTRATES AND NITROGEN DOSIS ON BANANA PLANT DEVELOPMENT (Musa AAA) AT THE NURSERY STATE<br>Gustavo Rodríguez & Ramírez Henry                                                                                                                                                                                                            | <b>605</b> |
| <b>EFFECTO DE LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA Y POTÁSICA EN LA PRODUCCIÓN DEL BANANO Musa AAA EN LA REGIÓN DEL TRÓPICO DE COCHABAMBA, BOLIVIA</b><br>EFFECT OF N AND K FERTILIZATION UPON THE PRODUCTIVITY OF Musa AAA IN THE TROPICAL REGION OF COCHABAMBA, BOLIVIA<br>Oscar Colque; Edwin Iquize & Armando Ferrufino                                                                                                                                                                                   | <b>616</b> |
| <b>EFEITO DA APLICAÇÃO DE FERTILIZANTE ORGANO-MINERAL FLUIDO NA ACLIMATAÇÃO DE MUDAS DE BANANEIRAS MICROPROPAGADAS</b><br>EFFECT OF ORGANIC-MINERAL FLUID FERTILIZER APPLICATION IN THE ACCLIMATIZATION OF MICROPROPAGATED BANANA SEEDLINGS<br>Juliana Domingues Lima; Giovani Sebben Bellicantia; Wilson da Silva Moraes; Elias Alexandre da Silva & Rodrigo Sanches Miguel                                                                                                                          | <b>624</b> |
| <b>EFEITO RESIDUAL DE COMPOSTO ORGÂNICO NA SEGUNDA SAFRA DE BANANEIRAS 'PRATA-ANÃ'</b><br>RESIDUAL EFFECTS OF ORGANIC COMPOST IN THE SECOND PRODUCTION CYCLE OF BANANA PLANTS<br>Erval Rafael Damatto Junior; Roberto Lyra Villas Boas & Sarita Leonel                                                                                                                                                                                                                                                | <b>629</b> |
| <b>MANAGEMENT OF BANANA NITROGEN FERTILIZATION: TAKING INTO ACCOUNT NITROGEN FROM ORGANIC ORIGIN</b><br>RAISONNEMENT DE LA FERTILISATION AZOTEE SOUS CULTURE BANANIERE: PRISE EN COMPTE DE L'AZOTE D'ORIGINE ORGANIQUE<br>Marc Dorel; Philippe Tixier & Raphaël Achard                                                                                                                                                                                                                                | <b>634</b> |
| <b>MANEJO DE LA NUTRICION Y FUENTE DE MATERIA ORGANICA EN EL CULTIVO DE PLATANO (Musa AAA), MUNICIPIO DE HUEHUETAN, CHIAPAS</b><br>MANAGEMENT OF NUTRITION AND ORGANIC MATTER SOURCE ON BANANA CROP (Musa AAA) IN THE MUNICIPALITY OF HUEHUETAN, CHIAPAS<br>Vicente Lee Rodríguez; José Noe Lerma Molina; Orlando López Baez & Juan Manuel Garza Hernández                                                                                                                                            | <b>638</b> |
| <b>OPTIMIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN Y CALIDAD EN BANANO MEDIANTE EL BALANCE NUTRICIONAL CON MICRONUTRIENTES (B-Zn)</b><br>OPTIMIZING BANANA PRODUCTION AND QUALITY THROUGH MICRONUTRIENTS (B-Zn)-BASED BALANCED NUTRITION<br>Manuel Iván Gómez Sánchez & Oscar Ortiz Ortega                                                                                                                                                                                                                              | <b>646</b> |
| <b>FITOSSANIDADE</b><br><b>PLANT PROTECTION</b><br><b>FITOSANIDAD</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |            |
| <b>OCURRENCIA DE LA MARCHITEZ POR Fusarium EN BANANOS EN VENEZUELA</b><br>OCCURRENCE OF Fusarium WILT OF BANANA IN VENEZUELA<br>Dorian Rodríguez; Gustavo Martínez; Nelly Sanabria & Belkis Camacho                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | <b>650</b> |
| <b>CICLO DE VIDAD DE Mycosphaerella fijiensis EN URABA, COLOMBIA.</b><br>LIFE CYCLE OF Mycosphaerella fijiensis ON URABA, COLOMBIA.<br>Lilliana Hoyos-Carvajal; Eduardo Salazar & John Jairo Mira                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | <b>653</b> |
| <b>COMPORTAMENTO DA SIGATOKA NEGRA EM BANANAIS DO VALE DO RIBEIRA, SÃO PAULO, BRASIL</b><br>BEHAVIOUR OF BLACK SIGATOKA IN BANANA PLANTATIONS OF THE RIBEIRA VALLEY, SÃO PAULO, BRAZIL<br>Wilson da Silva Moraes; Eduardo Fukuda; José Carlos de Mendonça; Cristiane Mendes da Silva & Silvia Helena Modonese-Gorla da Silva                                                                                                                                                                          | <b>656</b> |
| <b>CONSTRUCCION DE UN MAPA GENETICO DE LIGAMIENTO DE Mycosphaerella fijiensis</b><br>CONSTRUCTION OF A GENETIC LINKAGE MAP OF Mycosphaerella fijiensis<br>Gilberto Manzo-Sánchez; Marie-Françoise Zapater; Francisco Luna-Martínez; June Simpson; Jean Carlier & Andrew James-Kay                                                                                                                                                                                                                     | <b>662</b> |
| <b>EFICIENCIA FUNGICIDA, EVOLUCIÓN PATOGENICA Y PERDIDAS DE SENSIBILIDAD DE SIGATOKA NEGRA EN COLOMBIA.</b><br>FUNGICIDE EFFECTIVNESS AND PATHOGEN SENSIBILITY LOSSES OF BLACK SIGATOKA IN COLOMBIA<br>Miguel Mayorga Pinzón & Miguel Angel Zapata Colorado                                                                                                                                                                                                                                           | <b>668</b> |
| <b>ESTRATEGIAS DE MANEJO INTEGRADO DE LA SIGATOKA NEGRA EN PLÁTANO CV. 'BARRAGANETE' (Musa AAB) EN EL ECUADOR</b><br>INTEGRATED PEST MANAGEMENT OF THE BLACK SIGATOKA IN PLANTAIN CV 'BARRAGANETE' (Musa AAB) IN ECUADOR<br>Danilo Vera Coello; Carmen Suárez-Capello & Carlos Belezaca Pinargote                                                                                                                                                                                                     | <b>674</b> |
| <b>EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE MANEJO PARA DISMINUIR LA INCIDENCIA Y SEVERIDAD DE SIGATOKA NEGRA (Mycosphaerella fijiensis MORELET), EN PEQUEÑOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DEL ESTADO YARACUY, VENEZUELA</b><br>EVALUATION OF ALTERNATIVES OF HANDLING TO DIMINISH THE INCIDENCE AND SEVERITY OF BLACK SIGATOKA (Mycosphaerella fijiensis MORELET), IN LITTLE SYSTEMS OF PRODUCTION IN YARACUY STATE, VENEZUELA<br>Giomar Blanco; Julitt Hernández; Gustavo Martínez; Alexis Pérez & Edward Manzanilla | <b>677</b> |
| <b>INDUCCION DE FITOALEXINAS EN HOJAS DE BANANO CON VARIOS AGROQUÍMICOS</b><br>PHYTOALEXIN INDUCTION IN BANANA LEAVES WITH SEVERAL AGROCHEMICALS<br>Fernando Echeverri; Fernando Torres; Rodrigo Pineda & Sandra Zuleta                                                                                                                                                                                                                                                                               | <b>683</b> |
| <b>INDUCTION OF BANANA PLANTS AGAINST BLACK SIGATOKA IN A SEMI-COMMERCIAL SCALE</b><br>INDUCCION DE PLANTAS DE BANANO CONTRA LA SIGATOKA NEGRA EN UNA ESCALA SEMI-COMERCIAL<br>Wilbert Ramclan & Rodrigo Blanco                                                                                                                                                                                                                                                                                       | <b>687</b> |
| <b>LA PODA TEMPRANA, PRÁCTICA EN EL MANEJO INTEGRAL DE LA SIGATOKA NEGRA EN BANANO</b><br>EARLY CUT-OFF, PRACTICE TO THE INTEGRATED MANAGEMENT OF BLACK SIGATOKA IN BANANAS<br>Ana María Martínez-Acosta; Darío Antonio Castañeda-Sánchez; Helena Bornacelly-Horta & Víctor Merchán-Vargas                                                                                                                                                                                                            | <b>690</b> |
| <b>MONITORAMENTO DA INCIDÊNCIA DA SIGATOKA NEGRA NO ESTADO DE SÃO PAULO</b><br>MONITORING OF INCIDENCE OF BLACK SIGATOKA IN THE STATE OF SÃO PAULO<br>Paulo Fernando de Brito; Berenice Buso Spir & Enoch Tadeu de Mendonça                                                                                                                                                                                                                                                                           | <b>698</b> |
| <b>RELACIONES ENTRE LOS FACTORES CLIMÁTICOS Y LA VELOCIDAD DE LA EVOLUCIÓN DE LA SIGATOKA NEGRA EN BANANOS Y PLÁTANOS</b><br>RELATIONSHIP BETWEEN CLIMATIC FACTORS AND BLACK SIGATOKA SPEED OF EVOLUTION IN BANANA AND PLANTAINS<br>Luis Pérez-Vicente; Angela Porras; Fernando Mauri-Mollera; Alexis Hernández-Mancilla & Ezequiel Abreu-Antunez                                                                                                                                                     | <b>702</b> |
| <b>RESISTÊNCIA DE GENÓTIPOS DE BANANEIRAS A SIGATOKA AMARELA SOB CULTIVO ORGÂNICO</b><br>GENOTYPE RESISTANCE TO YELLOW SIGATOKA OF BANANAS UNDER ORGANIC CULTIVATION<br>Luiz Augusto Martins Peruch & Márcio Sônego                                                                                                                                                                                                                                                                                   | <b>710</b> |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>SENSIBILIDAD A FUNGICIDAS EN POBLACIONES DE <i>Mycosphaerella fijiensis</i> MORELET: ANÁLISIS EN LATINOAMERICA</b><br>SENSITIVITY TO FUNGICIDES IN <i>Mycosphaerella fijiensis</i> MORELET. LATIN AMERICAN OVERVIEW<br>Marcial Guzmán; Helge Sierotzki & Susan Knight                                                                                                                                                                                                                                                | <b>714</b> |
| <b>SIGATOKA NEGRA EN VENEZUELA, REPORTE AÑO 2005: BREVE ANALISIS</b><br>BLACK SIGATOKA IN VENEZUELA, REPORT YEAR 2005: BRIEF ANALYSIS<br>Gustavo Martinez Solorzano; Hernández Julitt; Blanco Geomar; Pargas Rafael & Manzanilla Edwuard                                                                                                                                                                                                                                                                                | <b>718</b> |
| <b>STRATEGIES DE LUTTE CONTRE <i>Mycosphaerella fijiensis</i> var <i>difformis</i>, <i>Cladosporium musae</i> ET <i>Deightonella torulosa</i>, PARASITES FOLIAIRES DES BANANIERES EN COTE D'IVOIRE</b><br>STRATEGIES OF FUNGICID'S USE TOWARDS <i>Mycosphaerella fijiensis</i> var <i>difformis</i> , <i>Cladosporium musae</i> AND <i>Deightonella torulosa</i> , FOLIAR PARASTIC FUNGI OF BANANA IN COTE D'IVOIRE<br>Kone Daouda; BadouOdjochoumou Jean; Camara Brahim; Anno Abo Pierre; Ake Séverin & Nicot Philippe | <b>722</b> |
| <b>THE POTENTIAL ROLE OF INDUCED RESISTANCE, CROP NUTRITION, AND PHOSPHITES IN THE MANAGEMENT OF BLACK SIGATOKA</b><br>EL PAPEL POTENCIAL DE RESISTENCIA INDUCIDA, NUTRICIÓN Y FOSFITOS EN EL MANEJO DE SIGATOKA NEGRA<br>John R. Washington                                                                                                                                                                                                                                                                            | <b>725</b> |
| <b>COMPORTAMIENTO Y DAÑOS POR SIGATOKA NEGRA DE SEIS CULTIVARES DE BANANO EN LA COSTA DE NAYARIT, MEXICO</b><br>BLACK SIGATOKA BEHAVIOR AND DAMAGE OF SIX BANANA CULTIVARS IN NAYARIT COAST, MEXICO<br>Victor Vázquez Valdivia; María Hilda Pérez Barraza & José Orozco Romero                                                                                                                                                                                                                                          | <b>730</b> |
| <b>EFFECTO DEL TIPO DE LUZ Y OTROS FACTORES SOBRE EL DESARROLLO ASEYUAL DE <i>Mycosphaerella fijiensis</i></b><br>EFFECT OF THE TYPE OF LIGHT AND OTHER FACTORS ON THE ASEYUAL DEVELOPMENT OF <i>Mycosphaerella fijiensis</i><br>Leonardo Sepúlveda; Luz Estrella Vásquez; Clara Inés Paniagua; Cesar Hernández & Rafael Arango                                                                                                                                                                                         | <b>735</b> |
| <b>EXTRACELLULAR ENZYMES INHIBITION AS AN ALTERNATIVE AND COMPLEMENTARY TREATMENT FOR INTEGRATED CONTROL AGAINST BLACK SIGATOKA</b><br>INHIBITION DES ENZYMES EXTRACELLULAIRES COMME TRAITEMENT ALTERNATIF ET COMPLEMENTAIRE POUR LA LUTTE INTEGREE CONTRE LA CERCOSPORIOSE NOIRE<br>Gauthier Boels                                                                                                                                                                                                                     | <b>738</b> |
| <b>MONITORAMENTO DA NANICÃO IAC 2001</b><br>MONITORING OF 'NANICÃO IAC 2001'<br>Raul Moreira; Luiz A. Saes; Edson S. Nomura & Wilson da Silva Moraes                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | <b>747</b> |
| <b>DEVELOPMENT OF A CHEMOTHERAPY PROTOCOL TO SANITISE BANANA GENOTYPES INFECTED BY BANANA MILD MOSAIC VIRUS (BANMMV)</b><br>DEVELOPPEMENT D'UN PROTOCOLE DE CHIMIOThERAPIE POUR ASSAINIR DES GENOTYPES DE BANANIER INFECTES PAR LA MOSAÏQUE MODEREE (BANMMV)<br>Jean-Pierre Busogoro; Marie Vandermolen; Laetitia Masquelier & Haïssam Jijakli                                                                                                                                                                          | <b>752</b> |
| <b>DIVERSIDADE GENÉTICA DO BANANA STREAK VIRUS NO BRASIL</b><br>GENETIC DIVERSITY OF BANANA STREAK VIRUS IN BRAZIL<br>Daniel Vazquez Figueiredo; Jadier de Oliveira Cunha-Junior; Maria do Socorro da Rocha Nogueira; Helena Guglielmi Montano & Paulo Sergio Torres Bríoso                                                                                                                                                                                                                                             | <b>757</b> |
| <b>EPIDEMIOLOGICAL STUDIES OF BANANA STREAK VIRUS ISOLATES: STUDIES ON THE VARIABILITY OF BANANA STREAK VIRUS IN KENYA</b><br>ESTUDIOS EPIDEMIOLÓGICOS DE LOS AISLANTES DEL VIRUS DE LA RAYA DEL PLÁTANO: ESTUDIOS EN LA VARIABILIDAD DEL VIRUS DE LA RAYA DEL PLÁTANO EN KENIA<br>Laura Karanja; Anne Wangai; Glyn Harper; John Stanley & Ram Pathak                                                                                                                                                                   | <b>764</b> |
| <b>IMMUNODIAGNOSIS OF BANANA VIRUSES AND PRODUCTION OF DISEASE FREE PLANTING MATERIALS</b><br>LE DIAGNOSTIC IMMUN DU VIRUS DE BANANE ET LA PRODUCTION DU MATÉRIEL DE PLANTATION, DÉGAGÉ DE LA MALADIE<br>K. Umamaheswaran & R. Ayisha                                                                                                                                                                                                                                                                                   | <b>770</b> |
| <b>IMPROVED DETECTION OF BANANA STREAK VIRUSES AND BANANA VIRUS X AND STUDY OF THEIR PREVALENCE AND MOLECULAR DIVERSITY IN GUADALOUPE</b><br>AMÉLIORATION DE LA DÉTECTION DES ESPÈCES VIRALES BSV ET BVX, ÉTUDE DE LEUR PRÉVALENCE ET DE LEUR DIVERSITÉ MOLÉCULAIRE EN GUADALOUPE<br>Pierre-Yves Teycheney; Grégoire Le Provost; Nathalie Laboureau; Isabelle Acina; Frédéric Péréfarres; Marie-Line Iskra-Caruana & Thierry Candresse                                                                                  | <b>774</b> |
| <b>TRANSMISSION STUDIES OF ACTIVATED-EPISOMAL BANANA STREAK BADNAVIRUS FROM FHIA-21 (AAAB) BY FOUR MEALYBUG SPECIES</b><br>ETUDE DE LA TRANSMISSION DE FORMES ÉPISOMALES DU BADNAVIRUS DE LA MOSAÏQUE EN TIRETS DU CULTIVAR FHIA-21 (AAAB) PAR QUATRE ESPÈCES DE COCHENILLES<br>Jacolene Bee Meyer; John Charles Robinson; Gerhard Pietersen & Louis Hendrik Nel                                                                                                                                                        | <b>781</b> |
| <b>DETERMINACIÓN DE SOBREVIVENCIA DE <i>Ralstonia solanacearum</i> Y DETECCIÓN ASINTOMÁTICA EN PLANTAS DE BANANO</b><br><i>Ralstonia solanacearum</i> SURVIVOR AND EARLY DETECTION IN BANANAS PLANTS<br>Mónica Obregón; Paola Andrea Rodríguez-Gaviria & Mauricio Salazar Yepes                                                                                                                                                                                                                                         | <b>785</b> |
| <b>SYSTEMICITY OF <i>Xanthomonas campestris</i> pv. <i>solanacearum</i> IN FLOWER-INFECTED BANANA PLANTS</b><br>SISTEMICIDAD DE <i>Xanthomonas campestris</i> pv. <i>solanacearum</i> EN PLANTAS DE BANANO CON FLORES INFECTADAS<br>Fred Ssekiwoko; Laban Frank Turyagyenda; Hanington Mukasa; Simon Eden-Green & Guy Blomme                                                                                                                                                                                            | <b>789</b> |
| <b>CONTROLE DA BROCA-DO-RIZOMA DA BANANEIRA COM <i>Beauveria bassiana</i> EM SANTA CATARINA</b><br>BANANA WEEVIL BORER CONTROL WITH <i>Beauveria bassiana</i> IN SANTA CATARINA<br>Honório Francisco Prando                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | <b>794</b> |
| <b>DEVELOPMENT OF CONTROL STRATEGIES AGAINST THE BANANA WEEVIL <i>Cosmopolites sordidus</i> IN NIGERIA</b><br>DÉVELOPEMENT DES STRATÉGIES DE LUTTE CONTRE LE CHARANÇON NOIR DES BANANIERES <i>Cosmopolites sordidus</i> AU NIGERIA<br>Vincent Chukwuemeka Umeh & Daniel Onukwu                                                                                                                                                                                                                                          | <b>798</b> |
| <b><i>Diolcogaster</i> sp. (HYMENOPTERA: BRACONIDAE: MICROGASTRINAE) PARASITOIDE DE <i>Antichloris viridis</i> DRUCE (LEPIDOPTERA: ARCTIIDAE), DEFOLIADOR DEL PLÁTANO, VENEZUELA</b><br><i>Diolcogaster</i> sp. (HYMENOPTERA: BRACONIDAE: MICROGASTRINAE) PARASITOID OF <i>Antichloris viridis</i> DRUCE (LEPIDOPTERA: ARCTIIDAE), DEFOLIATOR OF PLANTAIN, VENEZUELA<br>Oscar Enrique Domínguez-Gil; Raúl Armando Ramírez-Mendez; María Esther Burgos-Rojas & Eleodoro Andrés Inciarte-Martínez                         | <b>803</b> |
| <b>RELATIVE SUSCEPTIBILITY OF <i>Musa</i> GERMPLASM AGAINST BANANA CORM WEEVIL, <i>Cosmopolites sordidus</i> GERM. (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE)</b><br>SUSCETIBILIDADE RELATIVA DE GERMOPLASMA DE <i>Musa</i> À BROCA-DA-BANANEIRA, <i>Cosmopolites sordidus</i> GERM. (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE)<br>B. Padmanaban; S. Uma & S. Sathiamoorthy                                                                                                                                                                           | <b>805</b> |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>EFEITO DO ENSACAMENTO E DE PRODUTOS QUÍMICOS SOBRE PRAGAS DO CACHO DE BANANA CAVENDISH</b><br>EFFECT OF BUNCH COVERS AND CHEMICALS ON PEST DAMAGE IN CAVENDISH BANANAS<br>Luiz Alberto Lichtemberg; Robert Harri Hinz; Henri Stuker; Ilhane Terezinha Marcon & José Salvador                                                                                                                                                                                                                                      | <b>808</b> |
| <b>INFLUENCIA DE FATORES EDÁFICOS SOBRE A POPULAÇÃO DE <i>Meloidogyne javanica</i>, <i>Helicotylenchus multicinctus</i> E <i>Radopholus similis</i> EM BANANEIRA</b><br>INFLUENCE OF PHYSIC-CHEMICAL CHARACTERISTICS ON THE <i>Meloidogyne javanica</i> , <i>Helicotylenchus multicinctus</i> AND <i>Radopholus similis</i> POPULATION IN BANANA<br>Regina Cássia Ferreira Ribeiro; Adelica Aparecida; Edson Hyidu Mizobutsi; Fábio Ruas Pereira; Hudson Brito Ribeiro; Adélia Azis Alexandre Pozza & Silamar Ferraz | <b>813</b> |
| <b>NEMATÓIDES FITOPARASITOS ASSOCIADOS À CULTURA DA BANANEIRA (<i>Musa</i> spp.) NO ESTADO DO PARANÁ</b><br>PLANT-PARASITIC NEMATODES ASSOCIATED WITH BANANA ( <i>Musa</i> spp.) IN THE PARANÁ STATE, BRAZIL<br>Adriano Munhoz Pereira; Arlei Maceda; Claudia Regina Dias-Arieira & Adelino Pelissari                                                                                                                                                                                                                | <b>818</b> |
| <b>ORIGEN Y COMPOSICION DE LOS ACEITES MINERALES: INFLUENCIA SOBRE LA CALIDAD DE PRODUCCION Y EL RESPETO DEL MEDIOAMBIENTE</b><br>ORIGIN AND COMPOSITION OF MINERAL SPRAY OILS: INFLUENCE ON PRODUCTION QUALITY AND RESPECT OF THE ENVIRONMENT<br>Eric Bureau                                                                                                                                                                                                                                                        | <b>826</b> |
| <b>POSSIBLE TRANSATLANTIC ADAPTATIONS OF BANANAS BASED ON GONDWANALAND CONCEPTS AND RECENT DEVELOPMENTS IN CROP MANAGEMENT IN SOUTH WESTERN CAMEROON</b><br>POSSÍVEIS ADAPTAÇÕES TRANSATLÂNTICAS DE BANANEIRAS BASEADAS EM CONCEITOS GONDWANALANDIANOS E RECENTES PROGRESSOS NO MANEJO DA CULTURA NO SUDOESTE DE CAMARÕES<br>Patrick Sama-Lang                                                                                                                                                                       | <b>838</b> |
| <b>PÓS-COLHEITA, AGROINDÚSTRIA, ECONOMIA<br/>POST-HARVEST, AGROINDUSTRY, ECONOMICS<br/>POSTCOSECHA, AGROINDUSTRIA, ECONOMÍA</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |            |
| <b>CARACTERIZACIÓN POSTCOSECHA DE CULTIVARES DE BANANO</b><br>POSTHARVEST CHARACTERIZATION OF BANANA CULTIVARS<br>Jorge Alberto Osuna-García; Víctor Vázquez-Valdivia & María Hilda Pérez-Barraza                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | <b>840</b> |
| <b>ROL DE LA CLOROFILA Y CLORFILASA DURANTE LA MADURACIÓN DEL BABY BANANO (<i>Musa</i> AA SIMMONDS)</b><br>ROL OF THE CHLOROPHYLL AND CHLOROPHYLLASE ACTIVITY DURING THE RIPENING OF BABY BANANA ( <i>Musa</i> AA SIMMONDS)<br>Marcela Elizabeth Castro Benítez; Luz Patricia Restrepo & Carlos Narváez-Cuenca                                                                                                                                                                                                       | <b>845</b> |
| <b>INFLUÊNCIA DO 1-METILCICLOPROPENO NA LONGEVIDADE PÓS-COLHEITA DE FRUTOS DE GENÓTIPOS DE BANANEIRA RESISTENTES À SIGATOKA NEGRA</b><br>INFLUENCE OF 1-METHYLCYCLOPROPENE ON POSTHARVEST OF FRUITS FROM BANANA GENOTYPES OF BLACK SIGATOKA RESISTANT<br>Sílvia Barbosa dos Santos; Márcio Eduardo Canto Pereira; Sebastião de Oliveira e Silva; Aline Simões da Rocha Bispo & Taliane Leila Soares                                                                                                                  | <b>849</b> |
| <b>AGROINDÚSTRIA PROCESSADORA DE <i>Musa</i>. ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE PAÍSES PROCESSADORES</b><br><i>Musa</i> PROCESSING INDUSTRY. COMPARATIVE ANALYSIS AMONG PROCESSING COUNTRIES<br>Luiz Marcio Poiani & Gabriela Saab de Souza                                                                                                                                                                                                                                                                                  | <b>855</b> |
| <b>CARACTERISATION COMPARATIVE DES FARINES CRUES DE NOUVEAUX HYBRIDES DE BANANE ET DE LA VARIÉTÉ ORISHELE DE BANANE PLANTAIN (<i>Musa</i> spp.)</b><br>COMPARATIVE CHARACTERIZATION OF RAW FLOURS OF SOME NEW BANANA HYBRIDS AND ORISHELE VARIETY BANANA PLANTAIN ( <i>Musa</i> spp.)<br>Coulilaly Souleymane & Nemlin Gnopo Jean                                                                                                                                                                                    | <b>864</b> |
| <b>DESARROLLO DE NUEVOS MATERIALES Y APLICACIONES A PARTIR DE LOS RESIDUOS GENERADOS POR LA AGROINDUSTRIA DE MUSÁCEAS COMESTIBLES EN COLOMBIA</b><br>NEW MATERIALS AND APPLICATIONS FROM COLOMBIAN MUSACEAS COMESTIBLE AGRO-RESIDUES<br>Piedad Gañán; Robin Zuluaga; Javier Cruz; Silvio Salazar; Cristina Villa & Darío Hincapié                                                                                                                                                                                    | <b>868</b> |
| <b>PERFIL DAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DE DOCES DE BANANA DE CORTE COMERCIALIZADOS NO MERCADO BRASILEIRO</b><br>PROFILE OF THE CHEMICAL CHARACTERISTICS OF BANANA MARMELADE IN THE BRAZILIAN MARKET<br>Rossana Catie Bueno de Godoy; Edneide Luciana Santiago Matos; Daniele Vasconcelos dos Santos & Tatiane da Silva Amorim                                                                                                                                                                                        | <b>874</b> |
| <b>PROCESO DE ELABORACIÓN DE BOCADILLOS DE BANANO</b><br>PROCESSING OF BANANA PASTE<br>Rafael García & Armando Lacera Rúa                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | <b>880</b> |
| <b>THE HISTORY AND CHARACTERISTICS OF THE 'ENXERTO' BANANA</b><br>HISTORIA E CARACTERÍSTICAS DA BANANA 'ENXERTO'<br>Luiz Alberto Lichtemberg & Raul S. Moreira                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | <b>885</b> |
| <b>BANANA IN HORTICULTURE AND NUTRITIONAL SECURITY</b><br>A BANANA NA SEGURANÇA HORTÍCOLA E NUTRICIONAL<br>M. M. Mustaffa & S. Sathiamoorthy                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | <b>888</b> |
| <b>IMPORTANCIA DE LA JERARQUIZACION DE LOS FACTORES LIMITANTES DE LA PRODUCCION DE BANANO; ORIENTACION DE LOS PROCESOS DE DIAGNOSTICO Y CONSECUENCIA PARA LA ACCION</b><br>IMPORTANCE OF THE HIERARCHISATION OF THE BANANA PRODUCTION LIMITING FACTORS; ORIENTATION OF THE PROCESSES OF DIAGNOSIS AND CONSEQUENCE FOR THE ACTION<br>Thierry Lescot & Philippe Marie                                                                                                                                                  | <b>891</b> |
| <b>STATUS OF BANANA INDUSTRY IN INDIA</b><br>O STATUS DA BANANICULTURA NA ÍNDIA<br>M. M. Mustaffa & S. Sathiamoorthy                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | <b>897</b> |
| <b>VIABILIDADE EDAFOClimática E Socioeconômica da Bananeira para a Região de Botucatu - SP</b><br>AGRONOMIC CHARACTERISTICS OF BANANA ORCHARDS IN BOTUCATU-SP REGION<br>Eral Rafael Damatto Junior & Sarita Leonel                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | <b>904</b> |

## **VOLUME 2**

**TRABALHOS COMPLETOS  
FULL PAPERS  
TRABAJOS COMPLETOS**

**BOTÂNICA, GENÉTICA & MELHORAMENTO, FISILOGIA  
BOTANY, GENETICS & PLANTA BREEDING, PHYSIOLOGY  
BOTANICA, GENETICA Y MEJORAMENTO, FISILOGIA**

**EVALUACIÓN DE VARIABLES ANATÓMICAS FOLIARES EN TRES CLONES DE *Musa* DE  
DIFERENTE PLOIDÍA Y SU RELACIÓN CON EL GRADO DE INCIDENCIA A SIGATOKA  
(*Mycosphaerella* sp.)****EVALUATION OF LEAVES ANATOMICAL FEATURES IN THREE *Musa* CLONES OF DIFFERENT  
PLOIDIA IN RELATION TO SIGATOKA DISEASE (*Mycosphaerella* sp.)**

Gustavo Rodríguez<sup>1</sup>; Manuel Negrín<sup>1</sup> & Marina García<sup>1</sup>

**RESUMEN**

La investigación se realizó en la Estación Experimental "Experta" de la Universidad Central de Venezuela, Facultad de Agronomía ubicada en Maracay, estado Aragua, Venezuela. Se evaluaron los clones Pisang Mas (*Musa* AA), Brasileiro (*Musa* AAA) y FHIA-18 (*Musa* AAAB), clasificados como susceptible, medianamente resistente y resistente a Sigatoka, respectivamente. Se utilizó un diseño Completamente Aleatorizado, con tres tratamientos representados por cada clon y tres repeticiones. Se tomaron muestras de tejido foliar en plantas entre 6 y 7 meses, seleccionado la hoja número 3 en sentido basípeto. Se realizaron secciones transversales y vistas frontales. Para el análisis estadístico de los resultados se realizó un ANAVAR de acuerdo al diseño propuesto. Se encontraron diferencias significativas en todas las variables evaluadas ( $P < 0,05$ ), observando los mayores valores de grosor de cutícula adaxial y abaxial, y grosor del parénquima en empalizada en 'FHIA-18', mientras que los menores valores se encontraron en el clon Pisang Mas. La densidad estomática fue menor en 'FHIA-18' (110 estomas.mm<sup>-2</sup>), seguido por 'Brasileiro' (168 estomas.mm<sup>-2</sup>) y 'Pisang Mas' (211 estomas.mm<sup>-2</sup>), evidenciando que a mayor ploidía menor es la densidad estomática. Los resultados muestran la presencia de características anatómicas foliares en el clon FHIA-18 que podrían representar barreras físicas más efectivas a la penetración y colonización del hongo, lo cual pudiera asociarse con su comportamiento resistente. 'Pisang Mas' mostró la mayor densidad estomática, lo cual se corresponde con su grado de susceptibilidad a Sigatoka. Finalmente, el clon Brasileiro presentó valores intermedios entre los clones mencionados anteriormente.

Palabras Clave: *Musa*, *Mycosphaerella*, sigatoka, anatomía foliar, estomas, ploidía.

**SUMMARY**

The research was conducted at the Expert Experiment Station of the Central University of Venezuela, College of Agriculture in Maracay, Aragua State. The clones Pisang Mas (*Musa* AA), Brazilian (*Musa* AAA) and FHIA-18 (*Musa* AAAB) classified as susceptible, half resistant and resistant to sigatoka disease respectively. A totally randomized design was used, with 3 treatments represented by each clone and 3 repetitions. Foliar tissue of plants with 6 to 7 month old were taken, and leaf number 3 was sectioned basipetally. Transversal and frontal views were prepared. The statistic analyses was conducted using an Anavar accordingly with the propose design. There were significant differences in all variables studied ( $P < 0,05$ ). It was observed that the largest adaxial and abaxial cuticle thickness; and parenchyma thickness was found on 'FHIA-18', while the smallest values were found on 'Pisan Mas'. The stomatic density was less in 'FHIA-18' (110 stomata/mm<sup>2</sup>), followed by 'Brasileiro' (168 stomata/mm<sup>2</sup>) and 'Pisang Mas' (211 stomata/mm<sup>2</sup>). These results are related to ploidia level, the largest the ploidia the less the stomata density. Also results showed the presence of anatomic features in 'FHIA-18' which could represent physical barriers more effective against the penetration and invasion of the fungi, and also could be associate to fungi resistance. By the ofthen hand 'Pisan Mas' had the largest stomatic density, which could be associated to its susceptible to sigatoka disease, and finally the Brazilian clone showed intermeddle values among the mentioned cultivars.

Keywords: *Musa*, *Mycosphaerella*, sigatoka, foliar anatomy, estomata, ploidia.

<sup>1</sup> Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Av. Universidad, El Limón. Maracay, estado Aragua. Apdo. postal 4579. [rodriguezg@agr.ucv.ve](mailto:rodriguezg@agr.ucv.ve).

## INTRODUCCIÓN

Todas las zonas donde se producen bananos y plátanos se ven afectadas por la Sigatoka Negra y la Amarilla, causadas éstas por el hongo *Mycosphaerella fijiensis* Morelet y *Mycosphaerella musicola* Leach et Mulder, respectivamente (Aguirre *et al.*, 1999).

En los últimos años, en nuestro país y en los países productores de banano y plátano, se ha buscado la manera más efectiva de poder controlar estas enfermedades; ésto básicamente por medio de variedades resistentes y de prácticas agronómicas y culturales que sean efectivas para la prevención o bien medidas curativas (Martínez *et al.*, 1998).

La incidencia de sigatoka amarilla y negra en Venezuela repercute en diferentes zonas productoras de banano y plátano en el país, afectando tanto a pequeños como grandes productores. En este sentido, evaluar las posibles barreras anatómicas en clones de importancia comercial, así como en otros con potencial productivo, representa alternativa muy útil a la hora de seleccionar las estrategias de control para la enfermedad (Rodríguez, 2004).

Por estas razones, la presente investigación se desarrolló con la finalidad de estudiar algunas variables anatómicas cuantitativas de la lámina foliar y establecer la posible relación entre éstas y la incidencia de Sigatoka en tres clones de *Musa* con diferente ploidía.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Clones evaluados:

Para el desarrollo de esta investigación se utilizaron clones de diferente ploidía, los cuales son señalados por la literatura como materiales con diferencias en la composición genómica, así como también en su comportamiento ante Sigatoka. Dichos materiales fueron:

- 'Pisang Mas' = 'Titiaro' (*Musa* AA)
- 'Brasileiro' = 'Williams' (*Musa* AAA)
- 'FHIA-18' (*Musa* AAAB)

Por otra parte, con base a los trabajos de algunos autores, estos clones seleccionados, se clasificaron de acuerdo a su grado de resistencia y susceptibilidad frente a Sigatoka (Cuadro 1).

**Cuadro 1:** Características de ploidía y resistencia a Sigatoka de los clones seleccionados.

| Clon         | Ploidía | Resistencia a Sigatoka |
|--------------|---------|------------------------|
| 'Pisang Mas' | AA      | No                     |
| 'Brasileiro' | AAA     | Mediana                |
| 'FHIA 18'    | AAAB    | Si                     |

(Haddad, 2001; Valerio *et al.*, 2002)

### Muestreo Foliar.

Una vez seleccionados los materiales a evaluar, se tomaron muestras foliares en plantas en crecimiento del banco de Germoplasma de Musáceas de la Facultad de Agronomía, ubicado en la Estación Experimental Experta de la Universidad Central de Venezuela. De cada clon se seleccionaron tres plantas, cada una de ellas en etapa vegetativa, con edad comprendida entre los 6 y 7 meses y un tamaño equivalente a  $\frac{3}{4}$  partes de la altura de la planta madre aproximadamente. Como criterio de selección, se tomó la hoja número tres, en sentido basípeto, esto debido a que es la primera hoja nueva completamente expandida. Luego de la selección, se realizó a cada una de las muestras un corte en el semilimbo derecho del tercio medio de la lámina, en la parte central del semilimbo (Figura 1), el área del corte fue de 9 cm<sup>2</sup> (3cm x 3cm).

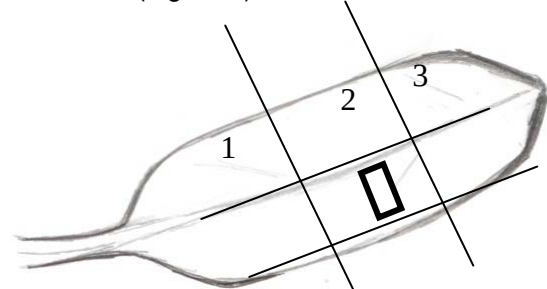


Figura 1. Ilustración de zona de muestreo de tejido foliar en la hoja de la planta.



Seguidamente las muestras se introdujeron en frascos de vidrio con una solución fijadora de FAA (Formalina, Ácido Acético y Etanol 70%). Estos fueron posteriormente trasladados al Laboratorio de Anatomía Vegetal del Departamento e Instituto de Botánica Agrícola, de la Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela, para su respectiva evaluación.

### **Análisis en Laboratorio.**

En las muestras foliares se realizaron vistas frontales (macerados) y secciones transversales. Los macerados se introdujeron en una solución de Hipoclorito de Sodio al 2.5% a temperatura ambiente durante 4 horas, con el fin de aclararlos; luego se lavaron con agua destilada cuatro veces cada cinco minutos y se separaron las epidermis con ayuda de una aguja, esto con la finalidad de poder observar los estomas.

Todas las muestras (secciones transversales y macerados) fueron teñidas con azul de toluidina al 1% y se montaron en láminas semipermanentes en una solución de agua:glicerina (1:1). El estudio de las muestras se realizó por medio de un microscopio marca Leitz, el cual se equipó con un ocular calibrado para determinar las variables anatómicas cuantitativas. Luego se tomaron fotos tanto a las secciones transversales como a los macerados, esto con microscopio Olympus BX40 y una cámara digital Canon PowerShot S410 de 4.0 Megapixels.

Las variables evaluadas en secciones transversales fueron:

- Grosor cutícula adaxial + pared externa ( $\mu\text{m}$ )
- Grosor cutícula abaxial + pared externa ( $\mu\text{m}$ )
- Grosor epidermis adaxial ( $\mu\text{m}$ )
- Grosor epidermis abaxial ( $\mu\text{m}$ )
- Grosor hipodermis adaxial ( $\mu\text{m}$ )
- Grosor hipodermis abaxial ( $\mu\text{m}$ )
- Grosor parénquima en empalizada ( $\mu\text{m}$ )
- Grosor parénquima esponjoso ( $\mu\text{m}$ )
- Grosor total de la hoja ( $\mu\text{m}$ )

Las variables evaluadas en macerados fueron:

- Longitud de los estomas de la epidermis adaxial ( $\mu\text{m}$ )
- Longitud de los estomas de la epidermis abaxial ( $\mu\text{m}$ )
- Densidad estomática adaxial ( $\text{estomas}.\text{mm}^{-2}$ )
- Densidad estomática abaxial ( $\text{estomas}.\text{mm}^{-2}$ )

El espesor de los tejidos en las secciones transversales se obtuvo mediante un ocular calibrado y en el objetivo 40X, donde cada división representa 3,11  $\mu\text{m}$ . A excepción de las mediciones de cutícula, las cuales se realizaron con el objetivo de 100X donde cada división representa 1  $\mu\text{m}$ . Las longitudes de las células oclusivas fueron cuantificadas con un objetivo de 40X donde cada división representa 3,11  $\mu\text{m}$ . En el caso de las densidades estomáticas, igualmente se realizaron con el objetivo de 40X, donde cada campo representaba 0,152  $\text{mm}^2$ . Posteriormente, se realizó la conversión de los valores para obtener el número de estomas por milímetro cuadrado, lo cual corresponde a la densidad estomática. Es conveniente acotar que en este trabajo no se determinó el Índice Estomático; debido a que los clones estudiados presentaban una gran cantidad de células epidérmicas, dificultando así la cuantificación de éstas, para ser posible el cálculo de dicho índice.

### **Diseño y Análisis estadístico.**

En esta investigación se utilizó un Diseño Completamente Aleatorizado, donde los tratamientos se encuentran representados por cada uno de los clones seleccionados ('Pisang Mas', 'Brasilero' y 'FHIA-18'). Para el análisis de los datos, se realizó un Análisis de Varianza (ANAVAR); previa revisión del cumplimiento de los supuestos del mismo. El nivel de significancia al cual se trabajó fue de 5%. Posteriormente, se realizó una prueba de medias, utilizando para ello la prueba de Tukey con  $\alpha = 0,05$ . En el caso de las variables que no cumplieran con los supuestos del ANAVAR, el análisis fue vía no paramétrica, empleando la prueba de Kruskal-Wallis. Todos estos análisis estadísticos se realizaron con el programa Statistix versión 8.0.

## RESULTADOS Y DISCUSION

### I.- Variables evaluadas en secciones transversales

#### a) Grosor de cutícula adaxial y abaxial

La cutícula es una película acelular, compuesta principalmente por ceras y cutina, que reviste la superficie externa de las células epidérmicas, cuya función es disminuir las pérdidas no controladas de agua en los tejidos frescos. Se puede diferenciar en ésta, una serie de capas que constituyen la totalidad de la pared (Jáuregui *et al.*, 2001). Algunas veces esta cutícula puede servir como barrera física al ataque de insectos y patógenos (Bukovac, 2005).

En estas variables se observa la diferencia estadísticamente significativa entre los clones Brasileiro, FHIA-18 y el Pisang Mas (Cuadro 2). Los valores obtenidos reflejan que en los clones medianamente susceptibles y resistentes como son Brasileiro y FHIA-18 respectivamente, el grosor de la cutícula era mayor, mientras que los valores menores se observaron en 'Pisang Mas'. Esto refleja que las plantas resistentes presentan barreras físicas o mecanismos físicos que impiden el ataque del patógeno (Aguilar y Smits, 1997; Romero y Sutton, 1997; Craenen *et al.*, 1997).

Es importante señalar que los clones Brasileiro y FHIA-18 se comportan de manera similar con respecto a sus características en el grosor de la cutícula adaxial. Esto se corresponde al trabajo realizado por Valerio *et al.*, (2002) donde los clones susceptibles a Sigatoka presentaron los menores valores de grosor de cutícula (1,86  $\mu\text{m}$ ), y ésta aumentaba con la ploidía del clon, donde los clones FHIA presentaban los mayores valores (2,81  $\mu\text{m}$ ).

Por otra parte, con relación a la cutícula abaxial, se tiene que para el clon FHIA-18 obtuvo los valores mayores en esta característica, pero no hay diferencias significativas respecto a 'Brasileiro'. Lo cual hace ver relación con el grado de resistencia que posee este clon ya que el hongo penetra fundamentalmente por la cara abaxial de la hoja, siendo el grosor de la cutícula en esta cara una barrera física importante para la posible entrada del patógeno.

**Cuadro 2:** Valores promedio de grosor de la cutícula + pared externa de la epidermis.

| Variable<br>Tratamiento | Cutícula adaxial<br>( $\mu\text{m}$ ) | Cutícula abaxial ( $\mu\text{m}$ ) |
|-------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|
| 'Pisang Mas'            | 1,07 b                                | 1,02 b                             |
| 'Brasileiro'            | 2,38 a                                | 1,11 b                             |
| 'FHIA-18'               | 2,76 a                                | 1,76 a                             |
| P < 0,05                | *                                     | *                                  |

(\*) Diferencias significativas entre tratamientos con  $\alpha = 0,05$ . Tratamientos con letras iguales forman grupos homogéneos de acuerdo con la Prueba de Medias de Kruskal-Wallis,  $\alpha = 0,05$ .

#### b) Grosor de la epidermis adaxial y abaxial

En esta variable al igual que en la anterior, hubo diferencias estadísticamente significativas entre los clones (Cuadro 3). Se distingue que para el clon Pisang Mas los valores de grosor de epidermis abaxial y adaxial fueron más bajos comparados con los otros clones evaluados. Esto corrobora lo planteado por Aguilar y Smits (1997), en donde señalan que los clones susceptibles poseen menores mecanismos o barreras físicas para impedir el ataque del patógeno. De igual manera se puede inferir que la condición de diploide en este clon influye en el resultado para esta variable, coincidiendo esto con lo planteado por Valerio *et al.*, (2002) y Hernández *et al.* (2004).

#### c) Grosor parénquima en empalizada y parénquima esponjoso

Es importante señalar la importancia del estudio del parénquima en empalizada, ya que el desarrollo del patógeno llega hasta este tejido (Martínez *et al.*, 2000; Ordosgoitti, 1999; BASF, 1985). Cabe destacar que este tejido foliar es vital en la fotosíntesis, por lo que al verse reducida la capacidad fotosintética de la planta, debido a la incidencia del hongo sobre este tejido comienzan a observarse síntomas de gradual amarillamiento de las hojas. A continuación se presentan los resultados obtenidos en el cuadro 4 donde se observa que en el caso del clon FHIA-18 obtuvo los mayores valores del parénquima en empalizada.



Cuadro 3: Valores promedio de Grosor de la epidermis.

| Variable<br>Tratamiento | Epidermis<br>adaxial (µm) | Epidermis<br>abaxial (µm) |
|-------------------------|---------------------------|---------------------------|
| ‘Pisang Mas’            | 18,47 b                   | 10,8 c                    |
| ‘Brasileiro’            | 20,6 a                    | 16,53 a                   |
| ‘FHIA-18’               | 20 ab                     | 15,33 b                   |
| P < 0,05                | *                         | *                         |
| CV (%)                  | 17,04                     | 15,41                     |

(\*) Diferencias significativas entre tratamientos con  $\alpha = 0,05$ . Tratamientos con letras iguales forman grupos homogéneos de acuerdo con la Prueba de Medias de Tukey,  $\alpha = 0,05$ . CV: Coeficiente de variación.

Cuadro 4. Valores promedios de grosor del parénquima en empalizada y grosor parénquima esponjoso.

| Variable<br>Tratamiento | Parénquima<br>empalizada (µm) | Parénquima<br>esponjoso (µm) |
|-------------------------|-------------------------------|------------------------------|
| ‘Pisang Mas’            | 102,11 c                      | 175,10 b                     |
| ‘Brasileiro’            | 140,22 b                      | 242,10 a                     |
| ‘FHIA-18’               | 148,00 a                      | 184,42 b                     |
| P < 0,05                | *                             | *                            |
| CV(%)                   | 9,8                           | 9,9                          |

(\*) Diferencias significativas entre tratamientos con  $\alpha = 0,05$ . Tratamientos con letras iguales forman grupos homogéneos de acuerdo con la Prueba de Medias de Tukey,  $\alpha = 0,05$ . CV: Coeficiente de variación.

## II.- Variables evaluadas en vistas frontales.

### a) Longitud de estomas adaxiales y abaxiales

Las células oclusivas son aquellas que junto a las células acompañantes constituyen el aparato estomático. Los resultados indican que la longitud de las células oclusivas son mayores en el caso del FHIA-21 (tetraploide) disminuyendo progresivamente en la medida que disminuye la ploidía. Obteniendo los menores valores en esta variable el clon Pisang Mas.

De estos resultados se deduce una relación entre la ploidía y esta característica, tal cual como lo han sugerido (Valerio *et al.*, 2002). Por otra parte, las variables relacionadas con los estomas juegan un papel importante frente a la incidencia de Sigatoka en un clon determinado (BASF, 1985; Craenen *et al.*, 1997).

Cuadro 5. Valores promedio de largo de las células oclusivas de la epidermis adaxial y abaxial.

| Variable<br>Tratamiento | LCO Epidermis<br>adaxial (µm) | LCO Epidermis<br>abaxial (µm) |
|-------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| ‘Pisang Mas’            | 34,00 c                       | 29,18 c                       |
| ‘Brasileiro’            | 41,40 b                       | 34,82 b                       |
| ‘FHIA-18’               | 45,80 a                       | 43,02 a                       |
| P < 0.05                | *                             | *                             |
| CV(%)                   | 9,17                          | 11,76                         |

LCO: longitud de células oclusivas

### b) Densidad estomática adaxial y abaxial

Esta variable, determinada en función de la cantidad de estomas por  $\text{mm}^2$ , es una de las más importantes en cuanto a las posibles relaciones e interpretaciones con respecto a la incidencia de Sigatoka. Los resultados obtenidos indican que los clones Brasileiro y FHIA-18 en la variable densidad estomática adaxial, se comportaron de manera similar, perteneciendo al mismo grupo de acuerdo con la prueba de medias. Mientras que en la variable densidad estomática abaxial, los tres clones se comportan de manera diferente, observándose una reducción en la densidad estomática mientras aumenta el grado de ploidía, siendo 'FHIA 18' (AAAB) el que presenta el menor valor de densidad estomática. Como se observa en el Cuadro 6 el clon Pisang Mas, donde la densidad estomática en ambas caras es considerablemente mayor, se relaciona en forma directa con el grado de susceptibilidad ante la enfermedad de Sigatoka.

Estos resultados coinciden con los de Valerio *et al.* (2002) y Hernández *et al.* (2004) ya que ellos obtuvieron resultados similares en los que la densidad estomática disminuía al aumentar la ploidía de los clones, siendo menor para el caso de los materiales tetraploides, que evaluaron en cada caso.

Cuadro 6. Valores promedio de densidad estomática adaxial y abaxial

| Variable<br>Tratamiento | Densidad adaxial<br>(Nº/mm) | Densidad abaxial<br>(Nº/mm) |
|-------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| 'Pisang Mas'            | 47,47 a                     | 211,64 a                    |
| 'Brasileiro'            | 21,31 b                     | 168,20 b                    |
| 'FHIA-18'               | 16,07 b                     | 110,50 c                    |
| P < 0,05                | *                           | *                           |
| CV (%)                  | 43,07                       | 13,56                       |

(\*) Diferencias significativas entre tratamientos con  $\alpha = 0,05$ . Tratamientos con letras iguales forman grupos homogéneos de acuerdo con la Prueba de Medias de Tukey,  $\alpha = 0,05$ . CV: Coeficiente de variación.

Es de destacar que la cara abaxial de la hoja en *Musa* es donde posee una mayor cantidad de estomas y es a su vez por esta cara de la hoja donde el hongo realiza el proceso de infección con una mayor eficiencia y patogenicidad. Por otra parte, se evidencia la relación de esta variable con el nivel de ploidía, donde en clones diploides la densidad estomática es mayor a la de los clones triploides o tetraploides.

### Relaciones entre las variables anatómicas foliares medidas y Sigatoka (*Mycosphaerella* sp.)

Luego de observar los resultados obtenidos, éstos se pueden relacionar con la incidencia de Sigatoka. En este sentido, para los clones reportados como medianamente susceptibles ('Brasileiro') y resistentes ('FHIA-18') para las variables evaluadas en los secciones transversales, estos se comportaron de manera similar. No obstante, se observaron tendencias al incremento de grosor en la cutícula adaxial y abaxial y grosor del parénquima en empalizada en el clon 'FHIA-18'. Siendo estas estructuras consideradas importantes a la hora de relacionarlas con la enfermedad. La cutícula representa una barrera física a la entrada del hongo, especialmente en la cara abaxial de la hoja. Mientras que el parénquima en empalizada es el tejido donde el hongo coloca sus estructuras de fijación, y es de allí además, donde se ramifican dichas estructuras, haciendo el daño característico en la reducción de la capacidad fotosintética.

Para el caso de la densidad estomática se observa que a menor densidad estomática, aunque sea mayor el tamaño de los estomas parece ser más difícil la penetración y establecimiento del patógeno, dándole estas características anatómicas la condición de resistente al ataque de Sigatoka, lo cual es evidente en el caso del clon FHIA 18. También es importante destacar que a menor ploidía del clon tiende a tener mayor densidad estomática y por ende menor resistencia al ataque del patógeno.

Sobre el cultivo de las musáceas, en este sentido diferentes autores señalan la influencia de la ploidía sobre sus características anatómicas foliares (Aguilar y Smits, 1997; Craenen *et al.*, 1997). Del mismo modo (Martínez *et al.*, 2000 y Ordosgoitti, 1999) reconocen que el 70% de la entrada del patógeno es vía estomática, lo cual sugiere una clara relación entre la densidad estomática y el posible comportamiento ante Sigatoka en un determinado clon.

El tubo de germinación de la conidia penetra en los tejidos de la hoja por el poro estomatal. Después de formar un estomatopodio sobre el poro, la hifa crece a lo largo de la superficie interior de la cámara de aire subestomatal. Después alcanza el tejido en empalizada donde se ramifica y crece entre las células (BASF, 1985).

Sin embargo, Valerio *et al.* (2002), indica que existen además de las barreras físicas contra la posible entrada y fijación del hongo en los tejidos foliares, otros factores que pueden afectar esta condición, tales como reacciones bioquímicas, entre otras.

## CONCLUSIONES

- Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los clones en todas las variables evaluadas, lo cual hace notar las características diferenciales entre éstos.
- El clon FHIA-18 presentó de acuerdo a sus características anatómicas foliares algunas variables que sugieren relación con su grado de resistencia a Sigatoka, dado por un mayor grosor de cutícula, parénquima en empalizada y una densidad estomática menor.
- En el clon Pisang Mas se observaron en líneas generales los menores grosores de las variables anatómicas foliares, así como la mayor densidad estomática, lo cual guarda relación con su grado de susceptibilidad a Sigatoka.
- El clon Brasileiro presentó en la mayoría de los caso valores intermedios para las variables anatómicas cuantitativas foliares, entre los clones FHIA-18 y Pisang Mas.
- Las variables que se observaron como mayormente asociadas a la condición de resistencia o susceptibilidad de los clones evaluados fueron grosor de la cutícula, grosor del parénquima en empalizada y la densidad estomática.
- La densidad estomática guardó relación inversa con el grado de ploidía de los clones evaluados.

## REFERENCIAS DE LITERATURA

1. Aguilar, R. y Smits, G. 1997. Estructuras anatómicas en hojas de *Musa* spp. que sirven como defensa contra la Sigatoka Amarilla. Resúmenes de los trabajos presentados en el XV Congreso Venezolano de Fitopatología. Maracaibo, Edo. Zulia. Consultado el 24 de mayo de 2005. [on line]. <http://www.redpav-fpolar.info.ve>.
2. Aguirre, M., Castaño, J., Zuluaga, L. 1999. Método rápido de diagnóstico de *Mycosphaerella musicola* Leach y *M. fijiensis* Morelet, agentes causales de la Sigatoka Amarilla y Sigatoka Negra. Rev. INFOMUSA 8(2): pp. 7-9.
3. BASF. 1985. Calixin Fungicida para el control de la Sigatoka y otras enfermedades del plátano. BASF Aktiengesellschaft. Estación Experimental Agrícola D-6703 Limburgerhof. Alemania. pp. 32-33.
4. Borges, O. 1971. Tamaño y densidad de estomas en clones cultivados y especies silvestres de *Musa*. Rev. Agron. Trop. 21(2): pp. 139-143.
5. Craenen, K., Coosemans, J., Ortiz, R. 1997. The role of stomatal traits and epicuticular wax in resistance to *Mycosphaerella fijiensis* in banana and plantain (*Musa* sp.). Rev. Tropicultura (Bel), vol. 15, (3): Pp. 136-140.
6. Haddad, O. 2001. Estudio de la Resistencia en Musáceas a la Sigatoka Negra y Amarilla. Aspectos Químicos, Bioquímicos, Moleculares y Genéticos. En Proyecto CONICIT G-97000-700, Facultad de Agronomía. Maracay. Universidad Central de Venezuela. 14 p.
7. Hernández, Y; Portillo, M; Velasco, J; Portillo, F. 2004. Densidad estomática en materiales de plátano, susceptibles y resistentes a Sigatoka Negra, en el estado Zulia, Venezuela. (16 de febrero de 2005). [Documento en línea] <http://www.botanica-alb.org/Publicaciones/Otros/2BotEstructural.pdf>
8. Martínez, G.; Pargas, R.; Muñoz, D. 1998. La Sigatoka Negra y su avance en el territorio venezolano. Implicaciones socioeconómicas. FONAIAP Divulga N°59. Maracay, Venezuela. pp. 40-42.
9. Rodríguez, G. 2004. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Trabajo de Ascenso. Maracay, Venezuela. pp 2-10
10. Romero, R. A. y Sutton, T. B. 1997. Reaction of four *Musa* genotypes at three temperatures to isolates of *Mycosphaerella fijiensis* from different geographical regions. Plant Disease 81: 1139-1142.
12. Valerio, R., Linfor, H., García, E. 2002. Relación entre la anatomía foliar de variedades de *Musa* sp. y su comportamiento frente a la Sigatoka (Amarilla y Negra). En: Memorias Acorbat 2002. Cartagena de Indias. Colombia. pp. 249-254.

## STUDIES ON GENETIC DIVERGENCE OF BANANA CULTIVARS IN WEST BENGAL FOLLOWING VARIOUS MULTIVARIATE TECHNIQUES

### ESTUDOS DE DIVERGÊNCIA GENÉTICA EM CULTIVARES DE BANANEIRAS EM WEST BENGAL POR VÁRIAS TÉCNICAS MULTIVARIADAS

K. K. Mandal<sup>1</sup>; S. Sarkar, D. Majumder & M. A. Hasan

#### SUMMARY

Thirty nine (39) banana cultivars were characterized at the Horticultural Research Station, Mondouri of Bidhan Chandra Krishi Viswavidyalaya, Mohanpur, Nadia, West Bengal, India during the years 2000-2004 by using one hundred and sixteen (116) plant morphological characters with different multivariate techniques such as single linkage hierarchical clustering of squared Euclidean distance matrix, principle component analysis (PCA) and multi-dimensional scaling. In single linkage clustering method eleven cluster groups were formed. Cluster 1-6 were clustered each of homogenous group cultivars namely Kanthali group (ABB), Kanchkala group (ABB), Champa group (AAB), Martaman group (AAB), Cavendish group (AAA) and Bichakela group (BB) were distant to each other group formed separate cluster. On the other hand cluster 7-11 were single cultivar member namely Agniswar (AAA), Rampal Martaman (AAB), Kanaibanshi (AAB), Kalibow (AAB) and Atteakole (BB) were distant to each other to form separate single cluster member. In multidimensional scaling (MDS) group plots also clearly indicated the clustering of homogenous cultivars.

**Keywords:** morphological trait, cultivar characterization, statistics

#### INTRODUCTION

Banana is an important fruit crop of west Bengal grown extensively from coastal saline region to hill region. It is the crop consumed widely, easily assessed and affordable providing fruit and nutritional security. Bananas having wide genomic constitution are available in the state. These are dessert, cooking and seeded cultivars belonging to the groups of AAA, AAB, ABB and BB. Table-1 The cultivars with AAA and AAB genomes predominates in the Gangetic plains while cultivars having BB and ABB genomes are predominant in the terai regions, particularly in the Himalayan foot hills and areas adjoining to Assam.

As West Bengal is endowed with extremely diverse and important germplasm of banana, the systematic collection, identification and conservation of its diversity will be of utmost important for its sustained use the diverse and carefully evaluated and characterized germplasm collection would prove valuable in the future to boost up banana cultivation programme. Moreover, characterization of banana cultivars would help in developing scientifically sound strategies for conservation and characterization will also facilitate to estimate genetic relationship and diversity. Hence, the present investigation was undertaken with the following objectives:

To explore and collect various banana cultivars grown in West Bengal.

To characterize the collected germplasm (using INIBAP descriptor, 1996).

#### MATERIALS AND METHODS

The cultivars had been collected from all banana-growing region of West Bengal (87 to 89° E longitude and 21 to 26° N latitude). The local name used for each cultivar was recorded (Table-1). Conversations with farmers and banana sellers led to the identification of additional cultivars for collection. A minimum of five suckers per cultivar was collected from healthy disease and pest free parent plant. Five suckers of each cultivar were planted in single rows in a compact plot adopting a distance of 2.5 m between rows and within the row. The collections comprised of 39 (thirty nine) cultivars of different genomic groups (Table 1). All the cultivars were managed as per the recommended package of practices of banana growing in the New Alluvial Zones of West Bengal. The

<sup>1</sup> Department of Fruits and Orchard Management Faculty of Horticulture Bidhan Chandra Krishi Viswavidyalaya Mohanpur, Nadia, West Bengal, India  
E-mail-mdahasan@yahoo.com. \*Department of Agricultural Statistics

characterization was carried out at the Horticultural Research Station, Mondouri of Bidhan Chandra Krishi Viswavidyalaya, Mohanpur, Nadia, West Bengal during 2002-2004. Multivariate analysis of characterization was made following nearest neighbourhood method of hierarchical cluster analysis of squared Euclidean distant matrix technique (Dillon and Goldstein, 1984).

**Table 1: Banana cultivars and their collection sites**

| Cultivars                                                    | Genomic Group | Source of collection         |
|--------------------------------------------------------------|---------------|------------------------------|
| 1. Agniswar                                                  | AAA           | Barasat, 24-Parganas (North) |
| 2. Amritsagar                                                | AAA           | Pundibari Coochbehar         |
| 3. Kabuli                                                    | AAA           | Chinsura, Hooghli            |
| 4. Jahaji                                                    | AAA           | Pundibari, Coochbehar        |
| 5. Robusta                                                   | AAA           | Chinsura, Hooghli            |
| 6. Giant Governor                                            | AAA           | Mondouri, Nadia              |
| 7. Malbhog                                                   | AAB           | Dinhata, Coochbehar          |
| 8. Martaman                                                  | AAB           | Pingla, Medinipore (West)    |
| 9. Martaman Clone                                            | AAB           | Mondouri, Nadia              |
| 10. Rampalmartaman                                           | AAB           | Toofanganj, Coochbehar       |
| 11. Kanaibanshi                                              | AAB           | Chinsura, Hooghli            |
| 12. Doodsagar                                                | AAB           | Falakata, Coochbehar         |
| 13. Sabri                                                    | AAB           | Manikchalk, Malda            |
| 14. Champa                                                   | AAB           | Chinsura, Hooghli            |
| 15. Chinia                                                   | AAB           | Falakata, Coochbehar         |
| 16. Kanthali Champa                                          | ABB           | Chinsura, Hooghli            |
| 17. Chini Champa                                             | ABB           | Pingla, Medinipore (West)    |
| 18. Atteakole                                                | BB            | Pundibari, Coochbehar        |
| 19. Bichkela-1                                               | BB            | Mondouri, Nadia              |
| 20. Bichkela-2                                               | BB            | Pundibari, Coochbehar        |
| 21. Hill Banana                                              | BB            | Sevak, Darjeeling            |
| 22. Kalibow                                                  | AAB           | Mondouri, Nadia              |
| 23. Kanthali                                                 | ABB           | Pingla, Medinipore (West)    |
| 24. Kanthali clone                                           | ABB           | Sekhampur, Birbhum           |
| 25. Kalibhog                                                 | ABB           | Jaguli, Nadia                |
| 26. German Kanthali<br>(also spelled as<br>Jurmoni Kanthali) | ABB           | Chinsura, Hooghli            |
| 27. Bagda Kanthali                                           | ABB           | Mondouri, Nadia              |
| 28. Krishna Kanthali                                         | ABB           | Kalyani, Nadia               |
| 29. Mauna                                                    | ABB           | Gunjabari, Coochbehar        |
| 30. Madhubash                                                | ABB           | Gunjabari, Coochbehar        |
| 31. Kanchkela-1                                              | ABB           | Mondouri, Nadia              |
| 32. Kanchkela-2                                              | ABB           | Mondouri, Nadia              |
| 33. Kanchkela-3                                              | ABB           | Ghoragachha, Nadia           |
| 34. Kanchkela-4                                              | ABB           | Mondouri, Nadia              |
| 35. Kanchkela-5                                              | ABB           | Mondouri, Nadia              |
| 36. Behulla                                                  | ABB           | Mondouri, Nadia              |
| 37. Pantharaj                                                | ABB           | Dharampur, 24 pgs            |
| 38. Kanchkela-6                                              | ABB           | Mondouri, Nadia              |
| 39. Kanchkela-7                                              | ABB           | Mondouri, Nadia              |

## RESULTS AND DISCUSSION

### Single linkage clustering

Single linkage or nearest neighbourhood technique of clustering when applied on squared Euclidean distance matrix (allowed distance co-efficient=13.368) total 11 clusters were formed. Results presented in the Fig. 1 showed that cluster-1 to 6 each representing six (6) homogenous group cultivar namely Kanthali group (ABB) Kanchkela group (ABB), Cavendish group (AAA), Champa group (AAB),



Martaman group (AAB) and Bichkela group (BB) which are distant to each other forming separate clusters. On the other hand clusters 7 to 11 were clusters with single cultivar member namely Agniswar, Rampalmartaman, Kanaibanshi, Kalibow and Atteakole (Fig.-1).

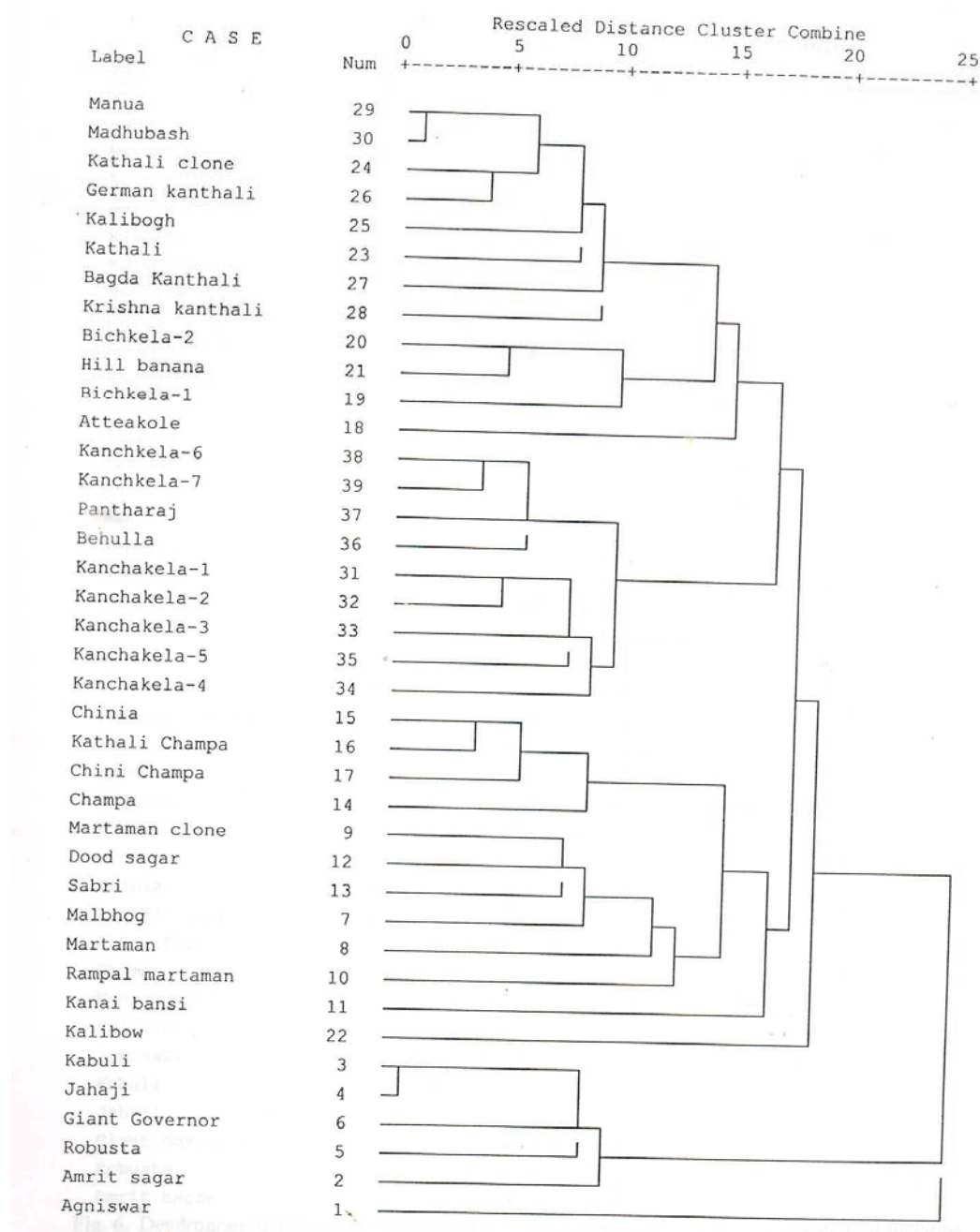


Fig.1 Dendrogram using single linkage clustering of square Euclidean distance matrix for characterization variables of the banana cultivars

### Principal component analysis

Principal component analysis (PCA) was used as another variable selection technique for characterization variables to identify major characters responsible for grouping of homogeneous cultivars. Actually there were 22 factors corresponding to Eigen values of more than one and 92% of total variance could be explained (Table-2). But we considered only 5 factors for detail study on the basis of variation explained by each factor as more than 5%. So our study was confined to only 54% of explained variation. The results presented in Table-2 included the component loading of 5 factors based upon correlation matrix input for characterization of cultivars. The dominant characters with higher loading (positive or negative character may be) were marked bold with respective loading. So,

we could easily conclude that positively loaded cultivars of each factor were clustered together due to positively loaded dominant characters. Similarly the negatively loaded cultivars could be grouped together corresponding to the dominant negatively loaded characters. Considering highest loading as the maximum and 20% reduction on highest loading as the minimum limit, we found petiole margin colour, peduncle hairiness, fusion of pedicels, edge of petiole margin, ovary basic colour, position of suckers, petiole margin width, male flower behaviours, rachis appearance were dominant characters under Factor-1 and respective performing cultivars were Jahaji, Robusta, Amritsagar, Kabuli, Giant Governor all belonging AAA genomic group. On the other hand Kanchkela 1, 2, 4, 5 and Kanchkela-6 having ABB genome dominated by the characters with negative loading like pseudostem height, petiole canal leaf-III, petiole margin, fading of colour on bract base, anther exsection and arrangement of ovule. This factor actually explained 19% of total variance. Factor-2 was heavily loaded by male bud shape, predominant taste, male bract shape, sap colour, transverse section of fruit and contrasting dominant characters with negative loading like dominant colour of male flowers, fruit length and fruit peel thickness. Hence, the prominent cultivars for such positively loaded attributes were mainly Kanaibanshi, Chini Champa, Kanthali Champa, Chinia and Champa. Similarly the prominent cultivars from such negatively loaded attributes were Kanchkela-3 and Behulla. This factor explained 13.4% the total variation. Factor-3 was positively loaded by fruit shape, male bract lifting, pseudostem colour, sap colour, lobe development of compound tepal and negatively loaded by free tepal apex shape, style shape, stigma colour, and crack in fruit peel. Hence, cultivars like Bichkela-I and 2, Hill banana and Atteakole were mostly heavily loaded by those positively dominant characters, whereas Sabri, Rampalmartaman, Malbhog, Martaman clone and Doodsagar were loaded by negatively loaded characters (Table-2). In Factor-4 it was found that the characters like compound tepal pigmentation, pollen sac colour, free tepal margin, had higher positive loading due to bunch shape and fruit apex. Hence Malbhog, Doodsagar, Sabri, Rampalmartaman, German Kanthali and Krishna Kanthali were - mostly characterized by those heavily loaded characters whereas Kanthali Champa, Agniswar, the cultivar expressed by Factor-5 was dominated by mature fruit peel colour, peduncle colour and predominant underlying colour of pseudostem. On the contrary Champa was the cultivar, which was dominated by bract imbrication.. In general, PCA results agreed with the results obtained by cluster analysis. PCA than cluster analysis gave a better picture of the relationship between cultivars and were useful in confirming group(s) obtained through cluster analysis. Thus agrees with findings of Hintum (1995).

**Table-2** Charaters with high loading and useful in separating different cultivars in PCA

| Characters                         | Factor-1      | Factor -2     | Factor -3    | Factor -4    | Factor -5    |
|------------------------------------|---------------|---------------|--------------|--------------|--------------|
| Pseudostem height                  | <b>-0.81</b>  | 0.17          | 0.17         | 0.09         | 0.25         |
| Pseudostem colour                  | -0.11         | 0.03          | <b>0.59</b>  | 0.07         | 0.40         |
| Sap colour                         | -0.12         | <b>0.67</b>   | <b>0.54</b>  | -0.20        | -0.09        |
| Position of sucker                 | <b>0.71</b>   | -0.30         | 0.38         | -0.12        | 0.33         |
| Petiole canal leaf-III             | <b>-0.83</b>  | 0.35          | 0.11         | 0.05         | -0.14        |
| Petiole margins                    | <b>-0.75</b>  | 0.06          | -0.06        | 0.17         | -0.38        |
| Petiole margin colour              | <b>0.85</b>   | 0.26          | -0.39        | -0.14        | 0.03         |
| Peduncle colour                    | 0.28          | 0.28          | 0.05         | -0.28        | <b>0.65</b>  |
| Peduncle hairiness                 | <b>0.84</b>   | 0.14          | -0.31        | -0.08        | -0.07        |
| Edge of petiole margin             | <b>0.78</b>   | 0.18          | -0.35        | -0.27        | 0.03         |
| Petiole margin width               | <b>0.70</b>   | -0.23         | -0.07        | -0.05        | 0.22         |
| Peduncle hairiness                 | <b>0.84</b>   | 0.14          | -0.31        | -0.08        | -0.07        |
| Bunch shape                        | -0.01         | 0.24          | -0.14        | <b>-0.66</b> | -0.40        |
| Rachis appearance                  | <b>0.68</b>   | -0.37         | 0.17         | 0.26         | 0.11         |
| Male bud shape                     | -0.04         | <b>0.79</b>   | 0.35         | -0.06        | 0.02         |
| Bract imbrication                  | -0.13         | -0.15         | -0.17        | 0.31         | <b>-0.86</b> |
| Male bract shape                   | -0.19         | 0.68          | <b>0.33</b>  | 0.10         | 0.15         |
| Male bract lifting                 | 0.13          | -0.03         | <b>0.60</b>  | 0.14         | -0.16        |
| Male flower behaviour              | <b>0.70</b>   | -0.42         | 0.26         | 0.02         | -0.15        |
| Compound tepal pigmentation.       | -0.06         | 0.37          | 0.29         | <b>0.69</b>  | 0.29         |
| Lobe development of compound tepal |               | -0.04         | <b>0.50</b>  | 0.05         | 0.11         |
| Free tepal margin                  | <b>0.67</b>   | -0.05         | -0.41        | <b>0.58</b>  | 0.10         |
| Anther excretion                   |               | 0.46          | -0.33        | -0.03        | 0.15         |
| Style shape                        | -0.11         | 0.47          | <b>-0.67</b> | -0.04        | -0.18        |
| Stigma colour                      | <b>-0.78</b>  | 0.27          | <b>-0.57</b> | 0.24         | 0.12         |
| Ovary basic colour                 | 0.21          | -0.23         | 0.32         | -0.03        | -0.25        |
| Arrangement of ovule               | 0.40          | -0.26         | 0.39         | 0.14         | -0.03        |
| Fruit shape                        | <b>0.78</b>   | 0.32          | -0.15        | <b>-0.60</b> | -0.12        |
| Fruit apex                         | <b>-0.85</b>  | <b>-0.87</b>  | 0.17         | -0.10        | -0.11        |
| Fruit peel thickness               | -0.10         | -0.16         | <b>0.61</b>  | 0.07         | 0.23         |
| Fusion of pedicel                  | -0.07         | -0.42         | 0.18         | 0.10         | -0.08        |
| Crack in fruit peel                | <b>0.61</b>   | 0.28          | <b>-0.63</b> | 0.34         | 0.01         |
| Mature fruit peel colour           | <b>0.80</b>   | -0.20         | -0.02        | -0.41        | <b>0.76</b>  |
| <b>Eigen value</b>                 | 0.24          | <b>12.875</b> | <b>8.199</b> | <b>6.935</b> | <b>5.827</b> |
| <b>Variance explained (%)</b>      | 0.02          | <b>13.411</b> | <b>8.54</b>  | <b>7.22</b>  | <b>6.07</b>  |
|                                    | <b>18.155</b> |               |              |              |              |
|                                    | <b>18.911</b> |               |              |              |              |



### Multidimensional scaling (MDS) group plots for characterization

Statistical analysis was done following the methods described by Dillon and Goldstein (1984). AISCAL procedure available in Statistical Package for Social Sciences (SPSS) was followed for multidimensional scaling of characterization, evaluation and disease study. In characterization study we had symmetric dissimilarity matrix of size 39, which was derived from data set of 116 characters studied on 39 cultivars. Squared Euclidean distance model was used with maximum iterations 3D-convergence criterion 0.001, minimum S-stress 0.005. Following Kruskal's stress formula-1, 4 iterations were needed to study the (dis) similarity between cultivars to be represented in two dimensional scale with respective stress as 0.116 and  $R^2$  explained as 88%. Resultant two-dimensional group plots of cultivars have been displayed in Fig.2. It is found in the that the similar cultivars which would be positioned together if the similarity did exist in multidimensional data set for multiple characters but converted in two dimensions for better understanding of underlying distance between cultivars.

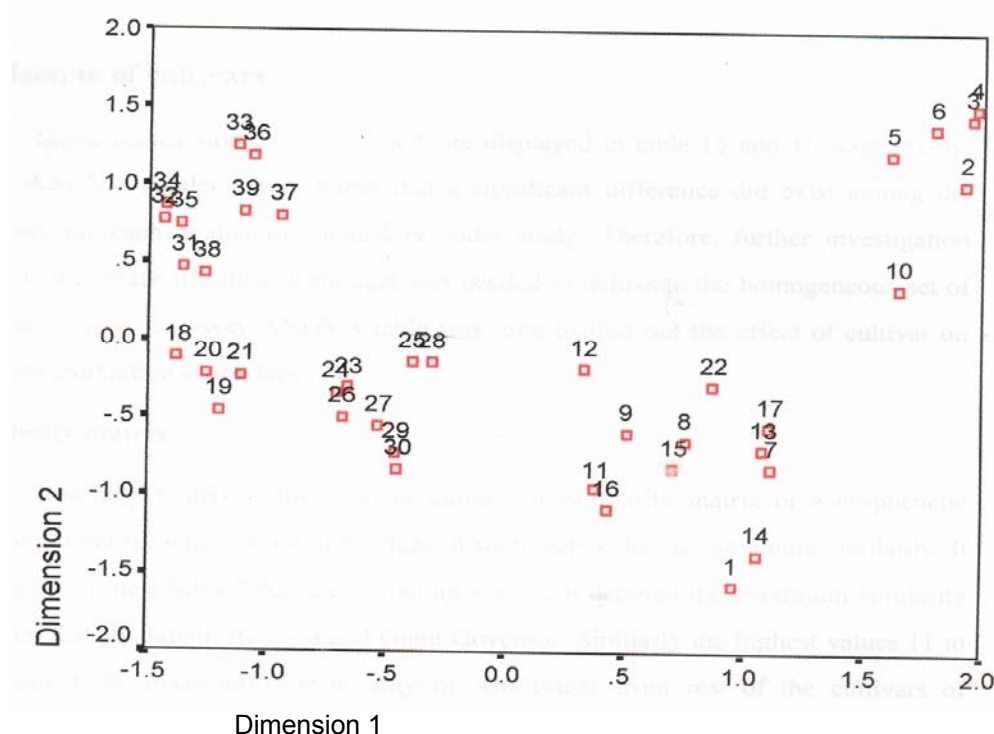


Fig.2: Multi-dimensional scaling group plots for characterization

### CONCLUSION

11 cultivars sets have been identified based on similarity of morphological characters.

### REFERENCE

1. Dillon, W.R. and Goldstein (1984). *Multivariate analysis- Methods and Applications*. John Wiley and Sons, New York.
2. Hintum, Th.J.L. van, (1995) Hierarchical approaches to the analysis of genetic diversity in crop plants. In: Hodgkin, T., Brown, A.H.D., Hintum, Th.J.L. van and Morales, E.A.V. (eds). *Core collections of Plant Genetic Resources*, pp. 77-92, John Wiley and Sons, Chichester.

## AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA DE GENÓTIPOS DIPLÓIDES DE BANANEIRA À SIGATOKA-AMARELA

### EVALUATION OF RESISTANCE OF DIPLOID GENOTYPES OF BANANA TO YELLOW SIGATOKA

Jucilayne Fernandes Vieira<sup>1</sup>; Zilton José Maciel Cordeiro<sup>2</sup>; Aristoteles Pires Matos<sup>2</sup> & Sebastião de Oliveira e Silva<sup>2</sup>

#### RESUMO

A Sigatoka-amarela é um dos principais problemas fitossanitários na cultura da banana no Brasil. A doença é causada pelo fungo *Mycosphaerella musicola* Leach, forma perfeita ou sexuada de *Pseudocercospora musae* (Zimm) Deighton, sendo encontrada em todas as regiões produtoras do país. Diversas são as medidas fitossanitárias empregadas para o controle da doença e, dentre elas, o uso de variedades resistentes, é uma alternativa viável e que vem sendo priorizada pela pesquisa, visando a substituição das atuais variedades comerciais suscetíveis por variedades resistentes. A adoção dessa estratégia, no entanto, passa primeiramente pela geração e seleção de diplóides superiores e com resistência à Sigatoka-amarela. Para avaliar o comportamento desses genótipos em relação à Sigatoka-amarela foi implantado um experimento na área experimental da **Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical**, em Cruz das Almas, BA, no qual foram avaliados, mediante o cultivo sob condições naturais de infecção, 20 genótipos diplóides distribuídos de forma inteiramente casualizada e avaliados mediante a utilização de uma escala descritiva, aplicada a partir do terceiro mês após o plantio a uma periodicidade de 30 dias. Os resultados permitiram concluir, que dos 20 híbridos diplóides avaliados, 11 destacaram-se, por apresentarem alta resistência, não evidenciando o desenvolvimento de sintomas da doença durante o período de avaliação, seis foram considerados resistentes, devido à baixa severidade da doença apresentada. Os demais foram classificados como suscetíveis, embora possam ser úteis em programas visando a geração de novos genótipos diplóides.

Palavras-Chave: Musa spp., Controle genético, *Mycosphaerella musicola*.

#### SUMMARY

Yellow Sigatoka is one of the main problems of banana crop in Brazil. The disease is caused by *Mycosphaerella musicola* Leach, in the perfect or sexual form of *Pseudocercospora musae* (Zimm) Deighton, being encountered in all producing regions of the Country. Many phytosanitary measures are employed in the control of the disease and among them, the use of resistant varieties is a viable alternative and has been chosen by researchers aiming the substitution of the recent susceptible commercial varieties for resistant ones. The adoption of this strategy, however, undergoes primarily through the generation and selection of superior diploids resistant to yellow Sigatoka. In order to evaluate the behavior of these genotypes regarding yellow Sigatoka resistance, an experiment was carried out at the experimental area at Embrapa Cassava and Tropical Fruits, located in Cruz das Almas, BA, whereas 20 diploid genotypes cultivated under natural infection conditions, distributed randomly and evaluated through a descriptive scale applied from the third month after plantation at a period of every 30 days, were evaluated. The results concluded that from the 20 diploid hybrids evaluated, 11 were featured as presenting high resistance, not showing the development of the symptoms of the disease during the period of evaluation and 6 were considered resistant due to the low severity of the disease presented. The remaining ones were classified as susceptible, although they can be useful in breeding programs aiming the generation of new diploid genotypes.

Keywords: Musa spp., Genetic control, *Mycosphaerella musicola*.

<sup>1</sup>Aluna de graduação- Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Bolsista PIBIC-CNPq. [Laynevieira@yahoo.com.br](mailto:Laynevieira@yahoo.com.br)

<sup>2</sup>Pesquisadores da Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, Rua Embrapa, s/n - Caixa Postal 007 - Cruz das Almas - BA, 44.380-000. [Zilton@cnpmf.embrapa.br](mailto:Zilton@cnpmf.embrapa.br)

## INTRODUÇÃO

A bananicultura é uma atividade que apresenta grande importância econômica e social para o Brasil, onde a bananeira é cultivada por pequenos, médios e grandes produtores. O País destaca-se como segundo produtor mundial, com aproximadamente 6,6 milhões de toneladas, numa área de 485.819 mil hectares, ou seja, 9,33% da produção mundial que é de 69,83 milhões de toneladas (FAO, 2004).

A cultura da banana é afetada por vários tipos de patógenos, que causam doenças e são responsáveis por perdas significativas na produção. Um dos principais problemas é a Sigatoka-amarela, causada pelo fungo *Mycosphaerella musicola* Leach, forma perfeita ou sexuada de *Pseudocercospora musae* (Zimm) Deighton.

Os bananais atacados pela doença diminuem a produção em torno de 50%, sendo que, em microclimas muito favoráveis, esses prejuízos podem atingir a 100%, uma vez que os frutos quando produzidos sem nenhum controle da doença, não apresentam valor comercial. Os prejuízos são resultantes da morte precoce das folhas e do conseqüente enfraquecimento da planta, com reflexos imediatos na produção (Cordeiro, 2003).

As principais variedades cultivadas são susceptíveis à doença, sendo a aplicação de fungicidas, ainda, a principal medida de controle. Encontrar alternativas que reduzam o uso de fungicidas é uma prioridade para a pesquisa, daí a importância de selecionar genótipos diplóides resistentes à doença. A existência de bons diplóides é a garantia de sucesso na obtenção de boas variedades, além do que o uso de variedades resistentes é um dos caminhos mais atrativos para o controle de doenças, porque o seu uso não depende da ação do produtor durante a fase de crescimento das plantas, sendo também compatível com outras práticas de manejo de doenças.

Na estratégia adotada pelo melhoramento genético convencional da bananeira, é no germoplasma diplóide que se concentra o maior número de características desejáveis, tais como partenocarpia, bom número de pencas, dedos compridos, cachos bem formados, porte baixo e resistência a pragas, doenças e nematóides. Por essa razão, a avaliação e seleção de genótipos diplóides com resistência à Sigatoka-amarela, é de extrema importância e constitui uma etapa imprescindível para o melhoramento genético da cultura. Com esta visão, o objetivo do trabalho foi avaliar a reação de genótipos diplóides melhorados em relação à resistência à Sigatoka-amarela da bananeira.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na área experimental da *Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical*, em condições naturais de infecção, onde a Sigatoka-amarela é endêmica com picos epidêmicos no período de maio a outubro. Foram avaliados 20 genótipos diplóides (Tabela 1), utilizando-se a variedade Prata Anã como testemunha suscetível. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com doze repetições.

As avaliações foram realizadas mensalmente, sendo iniciadas 90 dias após o plantio, estendendo-se por 12 meses, no período de agosto de 2002 a agosto de 2003. Foi avaliada a severidade da doença com a utilização da escala descritiva proposta por Stover (1971) e modificada por Gauhl (1994), como segue:

- 0 - Ausência de sintomas;
- 1 - Menos de 1% da lâmina foliar com sintomas (presença de estrias e/ou superior a 10 manchas);
- 2 - De 1% a 5% da lâmina foliar com sintomas;
- 3 - De 6% a 15% da lâmina foliar com sintomas;
- 4 - De 16% a 33% da lâmina foliar com sintomas;
- 5 - De 34% a 50% da lâmina foliar com sintomas;
- 6 - De 51% a 100% da lâmina foliar com sintomas.

De posse dessas avaliações foi feita a transformação dos dados de severidade em índice de doença (I.D.), utilizando a fórmula proposta por McKinney, citado por Cirulli & Alexander (1966) e adaptada para avaliação na bananeira (Orjeda, 1998), como segue:

$$\text{Índice de doença} = \frac{\sum nb}{(N-1)T} \times 100$$

Onde: n = número de folhas em cada escore; b = escore; N= número de graus usados na escala (7); T= número total de folhas avaliadas.

Para diferenciação dos genótipos em grupos, utilizou-se o teste de Scott & Knott a 5% de probabilidade.

**Tabela 1.** Relação dos genótipos diplóides AA avaliados e seus respectivos cruzamentos de origem. Cruz das Almas, BA, 2006.

| Genótipos | Origem dos genótipos      |
|-----------|---------------------------|
| 1304-06   | Malaccenses x Madang      |
| 1318-01   | Malaccenses x Sinwobogi   |
| 1319-01   | Malaccenses x Tjau Lagada |
| 1741-8    | Jari Buaya x 0304-01      |
| 2803-01   | Tuu Gia x Calcutta        |
| SH3263    | Híbrido da FHIA           |
| SH3362    | Híbrido da FHIA           |
| 4154-01   | 0304-01                   |
| 4154-08   | 0304-02                   |
| 4215-02   | M53 x Madu                |
| 4223-06   | M53 x S/N° 2              |
| 4249-05   | M53 x M 48                |
| 4252-03   | M53 x Cumburgh            |
| 4252-04   | M53 x Cumburgh            |
| 4279-06   | M53 x 2803-01             |
| 4279-13   | M53 x 2803-02             |
| 5012-02   | M61 x Lidi                |
| 5854-03   | 0305-01 x 0104-01         |
| 7341-01   | Kjai x 0304-01            |
| Ouro      | cultivar diplóide         |

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dos 20 híbridos diplóides avaliados (Figura 1), destacaram-se 1741-08, 4154-08, 4215-02, 4249-05, 4252-03, 4252-04, 4279-06, 4279-13, 5012-02, 5854-03 e 7341-01, que podem ser classificados como de alta resistência, diante do desempenho apresentado em campo, não evidenciando o desenvolvimento de sintomas da doença durante o período de avaliação. De acordo com Fouré (1994) o comportamento de alta resistência dos genótipos pode ser atribuído a uma expressão fenotípica caracterizada pelo bloqueio ao desenvolvimento dos sintomas nos estádios I e II da doença e à esporulação sexual e assexual do patógeno. O autor acredita, com base nas observações sobre bananeira e no conhecimento de outros patossistemas, que o fenótipo observado indica uma resposta qualitativa e, claramente, ligada a um mecanismo de hipersensibilidade. Os genótipos 1318-01, 1319-01, 2803-01, SH3263, 4154-01, 4223-06 (Figura 1), também foram considerados resistentes, apresentando índices de doença inferiores a cinco, não havendo a formação de lesões necróticas sobre as folhas. Os demais (Ouro, SH3362, 1304-06) foram considerados suscetíveis, não sendo, portanto, recomendável a sua utilização em programa de melhoramento visando a geração de variedades comerciais; todavia, poderão ser úteis em programas visando a geração de novos genótipos diplóides. É o caso por exemplo do genótipo SH3362, que embora sendo suscetível à Sigatoka-amarela tem ótimas características de produção, que devem ser aproveitadas para geração de outros diplóides. Considerando as análises realizadas, foram definidos três classes de reação: altamente resistente, resistente e suscetível. Em relação aos trabalhos realizados nessa linha e com essas características (Simmonds, 1966; Fouré, 1994) são poucas as variações na denominação dos grupos de reação, que em alguns casos são mais estratificados.

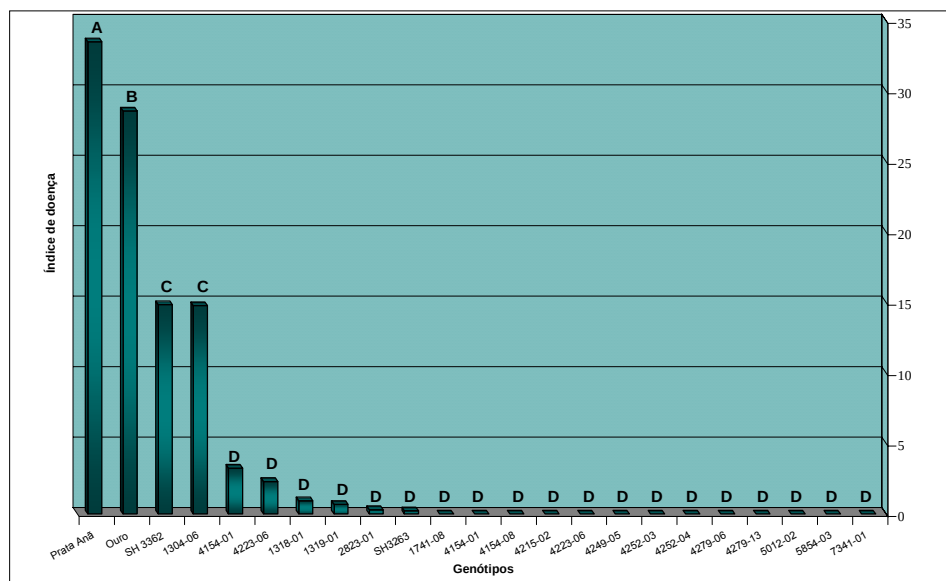


**Figura.1**-Severidade de ataque da Sigatoka-amarela sobre genótipos diplóides de bananeira, avaliados em condições naturais de infecção. Dados foram transformados em índice de doença. Genótipos com letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott & Knott a 5% de probabilidade.

## CONCLUSÃO

Dos 20 híbridos diplóides de bananeira avaliados em condições naturais de infecção, 16 apresentaram resistência à Sigatoka-amarela.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CIRULLI, M.; ALEXANDER, L. J. 1966. A comparison of isolates of *Fusarium Oxysporum* v. *licopersici* and different sources of resistance in tomato. *Phytopathology*, St. Paul, v. 56, n.11, p. 1301-1304.
2. CORDEIRO, Z. J. M. 2003. Variabilidade patogênica e resistência varietal à *Mucosphaerella musicola* em bananeira. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE BANANICULTURA E WORKSHOP DO GENOMA MUSA, 5., 2003, Paracatu. Anais... Cruz das Almas: Nova Civilização, p. 35-43.
3. FAO, 2004. Agricultural statistical databases. [Itália]: World Agricultural information Centre. Disponível em: Acesso em: 21 jun. 2005.
4. FOURÉ, E. 1994. Leaf spot diseases of banana and plantain caused by *Mycosphaerella musicola* and *M. Fijiensis*. In: INTERNATIONAL NETWORK FOR THE IMPROVEMENT OF BANANA AND PLANTAIN, 1994, Honduras. The improvement and testing of Musa: a global partnership. Montpellier: INIBAP, 303p. p.37-46.
5. GAUHL, F. 1994. Epidemiology and ecology of black Sigatoka (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) on plantain and banana (*Musa spp*) in Costa Rica, Central America. Inibap, Montpellier, France, 120p.
6. ORJEDA, G. 1998. Evaluation of *Musa* germplasm for resistance to Sigatoka disease and *Fusarium* wilt. Rome, Italy: INIBAP, (Technical Guidelines. 3).
7. SIMMONDS, N.W. 1966. Bananas, 2ª ed., London, Longman, 512p.
8. STOVER, R. H. 1971. A proposed international scale for estimating intensity of banana leaf spot (*Mycosphaerella musicola*). *Trop. Agric.*, v.48, p.185-196.



## AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA DE GENÓTIPOS TETRAPLÓIDES DE BANANEIRA À SIGATOKA-AMARELA

### EVALUATION OF RESISTANCE OF TETRAPLOIDES GENOTYPES OF BANANA TO YELLOW SIGATOKA

Zilton José Maciel Cordeiro<sup>1</sup>; Jucilayne Fernandes Vieira<sup>2</sup>; Aristoteles Pires Matos<sup>1</sup> & Sebastião Oliveira e Silva<sup>1</sup>

#### RESUMO

A Sigatoka-amarela ou Cercosporiose da bananeira continua sendo uma das principais doenças da bananicultura brasileira. O agente causal é o fungo *Mycosphaerella musicola* Leach, forma perfeita ou sexuada de *Pseudocercospora musae* (Zimm) Deighton. Está disseminada por todas as regiões produtoras de banana, causando perdas em torno de 50% da produção. No controle da doença, o uso de agrotóxicos continuam tendo elevado peso. Uma alternativa viável e que vem sendo priorizada pela pesquisa, é a utilização de variedades resistentes, que possam substituir com vantagens as atuais variedades susceptíveis e garantir a sustentabilidade da atividade. Nesse sentido, o estudo e seleção de genótipos com características agrônômicas desejáveis e com resistência à doença, torna-se de extrema importância. Com esse objetivo, foi desenvolvido um experimento na área experimental da **Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical**, em Cruz das Almas, BA, onde foram avaliados dez genótipos tetraplóides, sendo cinco tipo Prata (PA42-44; JV42-44; JV42-135; PV42-53; PV42-85) e cinco tipo Maçã (YB42-37; YB42-07; YB42-21; YB42-17; YB42-03). O delineamento foi inteiramente casualizado com doze repetições. As avaliações foram iniciadas 90 dias após o plantio, tomando-se mensalmente a severidade da doença, mediante aplicação de uma escala de severidade, cujos dados foram posteriormente transformados em índice de doença. Os resultados permitiram concluir que os dez genótipos avaliados foram resistentes à doença, apresentado, entretanto, variações no nível da resistência, podendo ser separados em dois grupos: altamente resistentes (YB42-07; JV42-135; PV42-53; YB42-21 e PV42-85) e resistentes (PA42-44; YB42-37; YB42-17; JV42-44; YB42-03).

**Palavras-chave:** *Mycosphaerella musicola*; *Musa* spp; resistência varietal

#### SUMMARY

Yellow Sigatoka or banana cercosporiosis remains as one of the most important diseases of banana crop in Brazil. The causal agent is the fungus *Mycosphaerella musicola* Leach, in the perfect or sexual form of *Pseudocercospora musae* (Zimm) Deighton. It is distributed in all banana producing regions leading to approximately 50% in yield losses. For disease control, the use of disease controlling agents are still being heavily used. A viable alternative, and that has been adopted by researchers is the use of resistant varieties that can substitute with advantage, the recent susceptible varieties and guarantee the sustainability of the activity. Therefore, the study and selection of genotypes with desirable agronomic characteristics and with resistance to the disease, becomes of extreme importance. With this objective, an experiment in the experimental area at Embrapa Cassava and Tropical Fruits was carried out at Cruz das Almas, BA, whereas ten tetraploid genotypes were evaluated. Five were Prata type: (PA42-44; JV42-44; JV42-135; PV42-53; PV42-85) and five were Silk type (YB42-37; YB42-07; YB42-21; YB42-17; YB42-03). The experimental design was in complete random blocks with twelve repetitions. The evaluations were initiated 90 days after planting, whereas the disease severness was computed by applying a severness scale and afterwards the data was transformed into disease index. The results concluded that the ten genotypes evaluated were resistant to the disease, presenting, however, variations in the level of resistance, also being capable of being separated in two groups: highly resistant (YB42-07; JV42-135; PV42-53; YB42-21 e PV42-85) and resistant (PA42-44; YB42-37; YB42-17; JV42-44; YB42-03).

**Keywords:** *Mycosphaerella musicola*; *Musa* spp; resistant varieties

<sup>1</sup> Eng. Agrº, Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, C. P. 007, 44380-000, Cruz das Almas, BA. E-mail: [zilton@cnpmf.embrapa.br](mailto:zilton@cnpmf.embrapa.br)

<sup>2</sup> Bolsista Pibic, Escola de Agronomia, UFRB, 44380-000, Cruz das Almas, BA. E-mail: [laynevieira@yahoo.com.br](mailto:laynevieira@yahoo.com.br)

## INTRODUÇÃO

A cultura da banana ocupa o segundo lugar em volume de frutas produzidas no Brasil e a terceira posição em área colhida. Está entre as frutas mais consumidas nos domicílios das principais regiões metropolitanas do país, sendo superada apenas pela laranja. É consumida pelas mais diversas camadas da população, a banana se faz presente na mesa dos brasileiros não apenas como sobremesa, mas como alimento, com um consumo per capita em torno de 25 kg/ano (Fancelli, 2003). O Brasil é o segundo produtor mundial, com aproximadamente 6,6 milhões de toneladas, numa área de 485819 hectares, ou seja, 9,33% da produção mundial que é de 70,63 milhões de toneladas (FAO, 2004).

Vários são os problemas enfrentados pela cultura, entre os quais destaca-se a Sigatoka-amarela, causada pelo fungo *Mycosphaerella musicola* Leach, forma perfeita ou sexuada de *Pseudocercospora musae* (Zimm) Deighton. Os bananais atacados pela doença diminuem a produção em torno de 50%, sendo que, em microclimas muito favoráveis, esses prejuízos podem atingir a 100% da produção, uma vez que, os frutos quando produzidos sem o controle da doença, geralmente não apresentam valor comercial. Os danos são resultantes da morte precoce das folhas e do conseqüente enfraquecimento da planta, com reflexos imediatos na produção (Cordeiro, 2003). A maioria das variedades de banana, em uso pelos produtores brasileiros, apresenta um baixo potencial de produtividade e/ou alta suscetibilidade às principais doenças e pragas, o que, em alguns casos, tem limitado o seu cultivo extensivo. Estes problemas, contornáveis somente a longo prazo, levaram a **Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical** a empreender esforços na formação de uma ampla coleção de germoplasma de *Musa* spp. e na execução de um programa de melhoramento genético (Silva, 2000), visando a geração de novas cultivares com características de produtividade e resistência a pragas superiores às atuais. Na estratégia de geração das novas cultivares são produzidos híbridos tetraplóides (AAAB), obtidos mediante cruzamentos de diplóides (AA) com cultivares triplóides (AAB) tipo Prata e/ou Maçã. Nesse sentido, a avaliação da resistência desses genótipos tetraplóides de bananeira à Sigatoka-amarela, torna-se de extrema importância e constitui uma etapa imprescindível para o melhoramento genético da cultura. Assim sendo, o objetivo desse trabalho foi avaliar e selecionar genótipos tetraplóides de bananeira resistentes à Sigatoka-amarela.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na área experimental da **Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical**, em condições naturais de infecção, onde a Sigatoka-amarela é endêmica com ocorrência de picos epidêmicos no período de maio a outubro. Foram avaliados dez genótipos tetraplóides, sendo cinco tipo Prata (PA42-44; JV42-44; JV42-135; PV42-53; PV42-85) e cinco tipo Maçã (YB42-37; YB42-07; YB42-21; YB42-17; YB42-03), utilizando-se a variedade Pacovan como testemunha suscetível, resultando portanto em onze tratamentos. Todos os genótipos tiveram como progenitor masculino o M53 (diplóide AA), representado pelo número 42 nos códigos, onde ainda: PA = Prata Anã; PV = Pacovan; JV = Prata Java e YB = Yangambi n° 2, variedades comerciais que utilizadas como plantas mães nos cruzamentos. Os tratamentos foram distribuídas em delineamento experimental inteiramente casualizado, com 12 repetições, onde cada planta representou uma repetição. As avaliações foram realizadas mensalmente, sendo iniciadas 90 dias após o plantio e a coleta de dados ocorreu durante doze meses, abrangendo o período de agosto de 2002 a agosto de 2003. Considerando que os genótipos já haviam sido avaliados do ponto de vista agrônomo, neste trabalho a prioridade foi o comportamento em relação à Sigatoka-amarela.

A avaliação da severidade da doença foi realizada em todas as folhas presentes na planta, exceto à vela e nas folhas dobradas, baseando-se na estimativa de porcentagem da área foliar afetada pela doença (manchas), utilizando-se a escala descritiva proposta por Stover (1971), modificada por Gauhl (1994), como segue:

- 0 - Ausência de sintomas;
- 1 - Menos de 1% da lâmina foliar com sintomas (presença de estrias e/ou superior a 10 manchas);
- 2 - De 1% a 5% da lâmina foliar com sintomas;
- 3 - De 6% a 15% da lâmina foliar com sintomas;
- 4 - De 16% a 33% da lâmina foliar com sintomas;
- 5 - De 34% a 50% da lâmina foliar com sintomas;
- 6 - De 51% a 100% da lâmina foliar com sintomas;



Os dados de severidade obtidos foram transformados em índices de doença (I.D.), de acordo com a fórmula proposta por McKinney, citado por Cirulli & Aleander (1966) e adaptada para avaliação na bananeira (Orjeda, 1998), como segue:

$$\text{Índice de doença} = \frac{\sum nb}{(N-1)T} \times 100$$

Onde:

n = número de folhas em cada escore; b = escore, segundo Gauhl (1994); N= número de graus usados na escala (7); T= número total de folhas avaliadas.

Para a análise estatística utilizou-se o teste de Scott & Knott a 5% de probabilidade.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dez híbridos tetraplóides avaliados, são genótipos que já haviam passado por avaliações anteriores, sendo selecionados por alguma característica superior tanto do ponto de vista agrônomo, quanto do ponto de vista fitossanitário, uma vez que, todos eles começaram a ser avaliados quando ainda encontravam-se na fase de planta única. Genótipos suscetíveis ou altamente suscetíveis, geralmente são descartados antes mesmo de passar por avaliações específicas, como a que estão sendo submetidos em relação à Sigatoka-amarela. Os resultados apresentados na Figura 1, mostraram que há uma variação no nível de resistência apresentado pelos diferentes genótipos, fato evidenciado pela análise estatística, onde todos são diferentes da testemunha suscetível. Baseado neste trabalho e em observações atuais e anteriores a esta, considerou-se que todos os genótipos são resistentes à doença, embora o PA42-44 e YB42-37 tenham atingido índices de doença mais elevados que os demais, porém diferindo estatisticamente da cultivar Pacovan, utilizada como testemunha suscetível. Nas avaliações entre diplóides e tetraplóides, geralmente adota-se maior rigor na classificação de resistência para diplóides, considerando-se que os mesmos serão responsáveis pela geração de tetraplóides resistentes.

Considerando a magnitude do efeito apresentado por cada genótipo em relação ao desenvolvimento de sintomas, os genótipos YB42-07; JV42-135; PV42-53; YB42-21 e PV42-85, foram considerados altamente resistentes, já os demais poderiam ser inseridos num grupo de resistentes à Sigatoka-amarela. De modo geral os trabalhos realizados nessa linha (Simmonds, 1966; Fouré, 1994), procuram enquadrar os genótipos avaliados em pelo menos três grupos: altamente resistentes, resistentes e suscetíveis. De acordo com Fouré (1994) o comportamento de alta resistência dos genótipos pode ser atribuído a uma expressão fenotípica descrita pelo bloqueio ao desenvolvimento dos sintomas nos estádios I e II da doença e pelo bloqueio à esporulação sexual e assexual do patógeno. O autor acredita, com base nas observações sobre bananeira e no conhecimento de outros patossistemas, que o fenótipo observado indica uma resposta qualitativa e, claramente, ligada a um mecanismo de hipersensibilidade.

Entre os genótipos avaliados, já foram lançados o YB42-21, híbrido tipo Maçã, sendo difundido com o nome de 'Tropical', o qual apresenta alta resistência à Sigatoka-amarela, suscetibilidade à Sigatoka-negra e tolerância ao mal-do-Panamá. Tem encontrado espaço entre produtores de banana orgânica e começa a crescer entre produtores convencionais, dada a sua semelhança com a banana 'Maçã', altamente apreciada no mercado nacional. O PV42-85, híbrido tipo 'Pacovan', foi lançado com o nome de 'Preciosa', apresenta altos níveis de resistência à Sigatoka-amarela, Sigatoka-negra e ao mal-do-Panamá, sendo portanto uma alternativa importante para as áreas de ocorrência da Sigatoka-negra no País. Entre os demais, o PA42-44, apesar do mesmo ter apresentado o maior índice de Sigatoka-amarela, é o que tem despertado maior interesse entre os produtores, dadas as suas características agrônomicas e de produtividade bastante similares à 'Prata Anã', uma das variedades mais plantadas no País. Além disso, é resistente ao mal-do-Panamá, uma das doenças que mais preocupa os produtores de algumas áreas irrigadas, dadas as dificuldades de controle que são observadas.

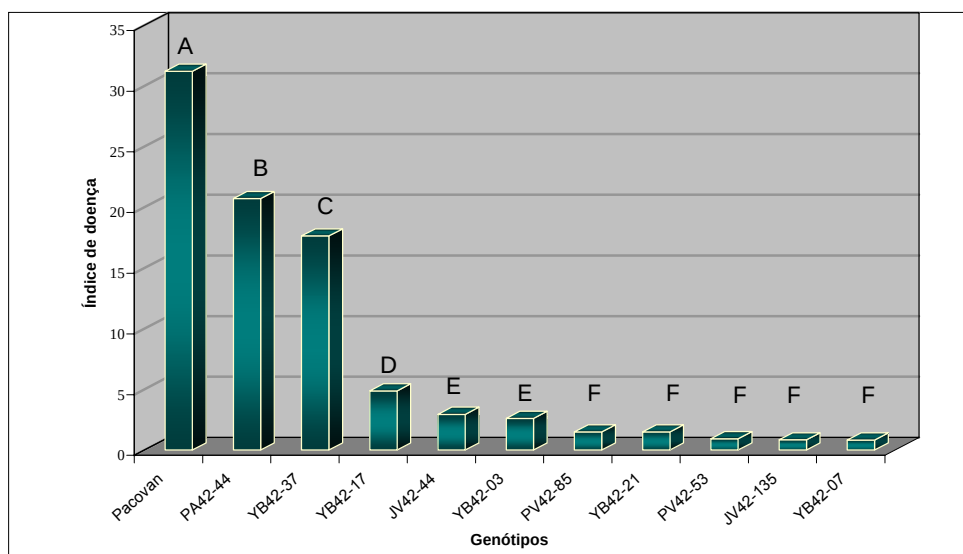


**Figura.1-** Severidade de ataque da Sigatoka-amarela sobre genótipos tetraplóides de bananeira, avaliados em condições naturais de infecção. Dados expressos em índice de doença. Cruz das Almas-BA. Genótipos com letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott & Knott a 5% de probabilidade.

## CONCLUSÃO

Entre os dez híbridos tetraplóides avaliados, todos mostraram-se resistentes à doença, todavia, com variação no nível da resistência apresentada.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CIRULLI, M.; ALEXANDER, L. J. A. 1966. comparison of isolates of *Fusarium Oxysporum* v. *licopersici* and different sources of resistance in tomato. *Phytopathology*, St. Paul, v. 56, n.11, p. 1301-1304.
2. CORDEIRO, Z. J. M. 2003. Variabilidade patogênica e resistência varietal à *Mycosphaerella musicola* em bananeira. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE BANANICULTURA E WORKSHOP DO GENOMA MUSA, 5., 2003, Paracatu. Anais... Cruz das Almas: Nova Civilização, p. 35-43.
3. FANCELLI, M. A cultura da banana para o Estado do Amazonas: Sistema de produção 6, versão eletrônica Cruz das Almas: Embrapa-CNPMPF, 2003.
4. FAO, 2004. Agricultural statistical databases. [Itália ]: World Agricultural informacion Centre. Disponível em: Acesso em: 21 jun. 2005.
5. FOURÉ, E. 1994. Leaf spot diseases of banana and plantain caused by *Mycosphaerella musicola* and *M. Fijiensis*. In: INTERNATIONAL NETWORK FOR THE IMPROVEMENT OF BANANA AND PLANTAIN, 1994, Honduras. The improvement and testing of Musa: a global partnership. Montpellier: INIBAP, 303p. p.37-46.
6. GAUHL, F. 1994. Epidemiology and ecology of black Sigatoka (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) on plantain and banana (*Musa spp*) in Costa Rica, Central America. Inibap, Montpellier, France. 120p.
7. ORJEDA, G. 1998. Evaluation of *Musa* germplasm for resistance to Sigatoka disease and *Fusarium* wilt. Rome, Italy: INIBAP (Technical Guidelines. 3).
8. SILVA, S. O. 2000. Melhoramento genético da bananeira. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE FRUTEIRAS, 2º, 2000, Viçosa. Anais... Viçosa: UFV/Departamento de Fitotecnia, p.21-48.
9. SIMMONDS, N.W. 1966. bananas, 2ª ed., London, Longman, 512p.
10. STOVER, R. H. A 1971. proposed international scale for estimating intensity of banana leaf spot (*Mycosphaerella musicola*). *Trop. Agric.*, v.48, p.185-196.

## BANANA VARIETIES RESISTANT TO BLACK SIGATOKA IN BRAZIL

### VARIEDADES DE BANANA RESISTENTES À SIGATOKA-NEGRA NO BRASIL

Aristoteles Pires de Matos<sup>1</sup>; Zilton José Maciel Cordeiro<sup>1</sup> & Sebastião de Oliveira e Silva<sup>1</sup>

#### SUMMARY

Black Sigatoka is considered the most serious banana disease all over the world. The Prata (Pome) type varieties ('Prata', 'Prata Anã' and 'Pacovan') are the main ones cultivated in Brazil and preferred by consumers as well. Other varieties, such as those belonging to the Cavendish Subgroup ('Nanica', 'Nanicão' and 'Grande Naine'), Plantain Subgroup ('Terra', 'Terrinha' and 'D'Angola'), 'Maçã' (Silk) and 'Figo' (Bluggoe) are also cultivated, however, except for 'Figo', all the others are susceptible to black Sigatoka. In 1982, the Embrapa Cassava and Tropical Fruits started its banana breeding program aiming at developing banana varieties resistant to the main pest and disease problems of that crop in Brazil. Crosses were performed involving improved diploids (AA) and Prata (Pome) type triploids (AAB). Considering that black Sigatoka was not present in Brazil by that time, evaluations for resistance to this disease were performed in Costa Rica, in cooperation with INIBAP, CATIE and CORBANA. More recently, after black Sigatoka being detected in Brazil, evaluations are performed in the North Region of the Country in cooperation with the Embrapa Western Amazon and Embrapa Acre. Due to the pro-active action of the Embrapa Cassava and Tropical Fruits it was possible to release black Sigatoka resistant varieties to the banana growers as soon as the disease was detected in the country. In this regard, from 1999 to 2005 ten black Sigatoka resistant varieties, namely 'Caipira', 'Thap Maeo', 'FHIA-18' and 'Maravilha' ('FHIA-01'), introduced from other countries, as well as 'Pacovan Ken', 'Preciosa', 'Prata Garantida', 'Prata Caprichosa', Vitória and Japira created by the banana breeding program being conducted at Embrapa Cassava and Tropical Fruits, were recommended for planting. The available infrastructure for production of tissue culture plantlets has been able to attend the current demand for planting material. Those varieties are intensively grown mainly in the State of Amazonas, North Region of Brasil.

**Keywords:** *Mycosphaerella fijiensis*, *Musa* spp., genetic resistance.

#### RESUMO

A Sigatoka-negra é considerada a mais séria doença da bananeira em todo o mundo. As variedades tipo Prata ('Prata', 'Prata Anã' e 'Pacovan') são as mais cultivadas no Brasil e de maior preferência pelos consumidores. Outras variedades tais como aquelas pertencentes ao subgrupo Cavendish ('Nanica', 'Nanicão' e 'Grande Naine'), Subgrupo Terra ('Terra', 'Terrinha' e 'D'Angola'), 'Maçã' e 'Figo' são também cultivadas, entretanto, exceto a 'Figo', as demais são suscetíveis à Sigatoka-negra. Em 1982, a Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical iniciou seu programa de melhoramento genético objetivando o desenvolvimento de variedades resistentes às principais pragas e doença da cultura da banana no Brasil. Os cruzamentos feitos envolviam diplóides AA melhorados e variedades triplóides (AAB) tipo Prata. Considerando que a Sigatoka-negra ainda não estava presente no Brasil nesta época, as avaliações para resistência à doença foram feitas na Costa Rica, numa cooperação que envolveu a INIBAP, o CATIE e a CORBANA. Mais recentemente, após a constatação da doença no Brasil, as avaliações passaram a ser realizadas na Região Norte do País em cooperação com a Embrapa Amazônia Ocidental e Embrapa Acre. Devido à ação pró ativa da Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical foi possível liberar variedades resistentes à Sigatoka-negra, para uso pelos produtores, tão logo a doença tenha sido detectada no País. Assim, de 1999 a 2005 dez variedades resistentes à Sigatoka-negra, tais como 'Caipira', 'Thap Maeo', 'FHIA-18' e 'Maravilha' ('FHIA-01'), introduzidas de outros países, como também a 'Pacovan Ken', 'Preciosa', 'Prata Garantida', 'Prata Caprichosa', Vitória e Japira, criadas pelo programa de melhoramento genético da bananeira da Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, foram recomendadas para plantio. A adequada infraestrutura para produção de mudas micropropagadas tem sido eficaz no atendimento à demanda por material de plantio. As novas variedades resistentes à Sigatoka-negra, todavia, têm sido mais intensivamente cultivadas no Estado do Amazonas, Região Norte do Brasil.

**Palavras-Chave:** *Mycosphaerella fijiensis*, *Musa* spp., resistência genética.

<sup>1</sup> Pesquisadores da Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, CP 007, 44380-000, Cruz das Almas, Bahia, Brasil, [apmatos@cnpmf.embrapa.br](mailto:apmatos@cnpmf.embrapa.br)

## INTRODUCTION

The banana crop in Brazil plays important economic and social roles in both large and small plantations. While large plantations produce high quality fruits, smallholders grow bananas mainly as a subsistence crop. Besides, plantains are grown as a staple food, mainly in the North and Northeastern regions of that country. Among the various phytosanitary constraints that affect the banana production in Brazil, black Sigatoka disease, caused by *Mycosphaerella fijiensis* Morelet, is considered the most important, since the majority of the varieties under cultivation in that country are susceptible to that pathogen. Specially under conducive environmental conditions such as high relative humidity and favorable temperature this disease is highly aggressive on susceptible varieties, inciting yield losses that may be as high as 100%. Other important banana diseases in Brazil are Fusarium wilt, also known as Panama disease, caused by *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense*, and Sigatoka disease, caused by *Mycosphaerella musicola*.

## BLACK SIGATOKA DISEASE IN BRAZIL

The black Sigatoka, caused by *Mycosphaerella fijiensis* Morelet, is considered the most serious banana disease all over the world. First reported in Fiji Island, in 1963, this disease reached the America by 1972, being reported in Honduras. Currently, black Sigatoka is widespread in the main banana production areas of the world (Jones, 2000). In Brazil, this disease was reported in 1998 in banana orchards located in the municipalities of Tabatinga and Benjamim Constant, State of Amazonas, on the borders of Brazil, Colombia and Peru (Cordeiro et al. 1999; Pereira, et al. 1998). Since the first detection of black Sigatoka in Brazil, research activities have been focusing on delivering resistant varieties, considering that the Brazilian banana industry is composed primarily by small growers, whose income is low and, due to that, do not apply high production technology, thus making it difficult to adopt any other strategy than growing resistant varieties to control the disease. The Prata (Pome) type varieties ('Prata', 'Prata Anã' and 'Pacovan') are the most cultivated in Brazil and preferred by consumers as well, but they are highly susceptible to black Sigatoka. Other varieties such as those belonging to the Cavendish Subgroup ('Nanica', 'Nanicão' and 'Grande Naine'), Terra Plantain Subgroup ('Terra', 'Terrinha' and 'D'Angola'), 'Maçã' (Silk) and 'Figo' (Bluggoe) are also cultivated. However, except for 'Figo', all the others are susceptible.

## THE BANANA BREEDING PROGRAM AT EMBRAPA CASSAVA AND TROPICAL FRUITS

In 1982, the Embrapa Cassava and Tropical Fruits started a banana breeding program aiming at developing banana varieties resistant to the main pest and disease problems of that crop in Brazil. The first step towards that goal consisted on the establishment of a germplasm bank by introduction of several genotypes from other countries (Shepherd et al., 1994). At present, the Banana Active Germplasm Bank of the Embrapa Cassava and Tropical Fruits, located in Cruz das Almas, State of Bahia, has 400 accessions including fertile AA diploids (Cordeiro & Silva, 2005).

The emphasis of the banana breeding program has been creating AAAB tetraploids by crossing AAB varieties, specially 'Pacovan' and 'Prata Anã', with improved AA diploids. Crosses involving Yangambi N°2 and the referred diploids have also been performed in order to generate 'Maçã (Silk)' type AAAB tetraploid hybrids (Shepherd et al., 1994, Silva et al. 2001).

Considering that black Sigatoka was not present in Brazil by that time, evaluations for resistance to this disease were performed in Costa Rica, in a cooperative activity with the International Network for the Improvement of Banana and Plantain (INIBAP), the Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) and The Corporación Bananera Nacional (CORBANA). Besides AAAB tetraploids, improved AA diploids obtained by the Brazilian banana breeding program were also sent for black Sigatoka evaluation in Costa Rica. More recently, after black Sigatoka being detected in Brazil by 1998, genotype evaluations for resistance to that disease have been performed in the North Region of Brazil where black Sigatoka was first reported in the Country, in a cooperative activity involving the Embrapa Cassava and Tropical Fruits, Embrapa Acre and the Embrapa Western Amazon.

## PROGRAM ACHIEVEMENTS

From 1982 up to 2005 over 3.000 AAAB tetraploid hybrids and 20.000 AA diploid hybrids were generated by the Brazilian banana breeding program. The great majority of the AAAB tetraploid hybrids generated at Embrapa Cassava and Tropical Fruits were of the 'Prata' (Pome) type, and a few of the 'Maçã' (Silk) type. Forty seven AA diploid hybrids, out of 20.000, were selected due to improved characteristics such as low plant height, large fruit size and number, and resistance to pest and



diseases, including black Sigatoka. Regarding to AAAB tetraploid hybrids generated by the Brazilian banana breeding program, eight were selected and released for planting, six of them resistant to black Sigatoka; they were: 'Japira', 'Pacovan Ken', 'Prata Caprichosa', 'Prata Garantida', 'Preciosa' and 'Vitória'.

Besides developing AAAB tetraploid hybrids by crossing commercial varieties with improved diploids, Embrapa Cassava and Tropical Fruits has also been performing genotype evaluations at the Banana Active Germplasm Bank. Such activity enabled the selection and recommendation of the cultivar Mysore in 1984, and more recently, 'Caipira' and 'Thap Maeo'. Tetraploid hybrids introduced from the Fundacion Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA), such as 'FHIA-18' and 'FHIA-01', this last one known as 'Maravilha', were also recommended for planting in Brazil.

The available infrastructure for production of planting material (tissue culture plantlets) has been able to attend the current demand, that is still not too big due to the fact that the new varieties are not well known by the growers and consumers. Those varieties are intensively grown in the State of Amazonas due to the action of the State Government buying and distributing tissue cultured banana plantlets to the growers.

All the black Sigatoka resistant varieties recommended for planting by Embrapa Cassava and Tropical Fruits, either introduced from other countries or created by the Brazilian banana breeding program show variations regarding to fruit size, bunch weight, yield, plant height and resistance to other pests and diseases already present in Brazil. A short description of the banana cultivars, resistant to black Sigatoka, released by the banana breeding program under conduction at Embrapa Cassava and Tropical Fruits is given below:

'Caipira'. Belonging to the AAA genomic group, known all over the world as 'Yangambi km 5', 'Caipira' is a dessert banana, showing medium to tall plant height, and small, sweet fruits. It was selected based on evaluations performed in several banana growing areas where it showed very strong vegetative vigor, resistance to black Sigatoka, to yellow Sigatoka and to Fusarium wilt (Panama disease), showing also resistance to the rhizome weevil, *Cosmopolites sordidus*, as expressed by low infestation levels of that pest.

'Thap Maeo'. Introduced from Thailand, 'Thap Maeo' is a variety that belongs to the AAB genomic group, very similar to 'Mysore', differing from it because 'Thap Maeo' does not show infection by the Banana Leaf Streak virus, a very common virus disease in 'Mysore'. 'Thap Maeo' shows medium to tall height, small fruits, resistance to yellow Sigatoka, to black Sigatoka and to Fusarium wilt; this variety also shows low infestation level by rhizome weevil and nematodes. A very important characteristic of this cultivar is its rusticity expressed by a very good development and yield when planted in low fertility soils.

'FHIA-18'. The variety FHIA-18 is a hybrid from 'Prata Anã' (AAB), that shows medium plant height, fruits very similar to those of 'Prata Anã', but with a sweeter taste. It was introduced from Honduras, evaluated in several banana growing areas and selected because of its desirable characteristics. FHIA-18 is a tetraploid that belongs to the AAAB subgroup and shows resistance to black Sigatoka.

'Maravilha' (FHIA-01) is an AAAB tetraploid hybrid generated from the crossing 'Prata Anã' (AAB) x SH 3142 (AA). This variety was introduced from Honduras, evaluated in several banana growing areas in Brazil and selected to be planted in the State of Acre. 'Maravilha' shows medium plant height, fruits bigger than those of 'Prata Anã', pulp with a little acid taste, and expresses resistance to black Sigatoka and to Fusarium wilt.

'Japira'. Obtained at the Embrapa Cassava and Tropical Fruits, 'Japira' is an AAAB tetraploid hybrid originated from crosses between 'Pacovan' (AAB) and the (AA) diploid hybrid M53 that shows a tall plant height. This new variety is recommended to be grown in the State of Espírito Santo, where it showed number and size of fruits, as well as yield, similar to those of Prata type cultivars. Besides being resistant to black Sigatoka, 'Japira' also shows resistance to yellow Sigatoka and to Fusarium wilt. Other characteristics of the banana cultivar Japira are production of a good number of suckers, fruits with long shelf life and resistance to antracnose as compared with other Prata type bananas.

'Pacovan Ken'. This is an AAAB tetraploid hybrid, that shows tall plant height. 'Pacovan Ken' was obtained at the Embrapa Cassava and Tropical Fruits, Cruz das Almas, Bahia, Brazil, from crossings between the cultivar Pacovan (AAB) and the diploid hybrid (AA) M53. 'Pacovan Ken' shows number and size of fruits, as well as yield, higher than those of 'Pacovan', its female parental. Additionally, the fruits of this new cultivar are sweeter than those of 'Pacovan' and show resistance to finger detachment similar to that cultivar. Besides being resistant to black Sigatoka, 'Pacovan Ken', also expresses resistance to yellow Sigatoka and to Fusarium wilt.

'Pelipita'. This is an ABB triploid cultivar, medium to tall plant height and good yield, around 27 to 38.5 ton/ha. Besides being resistant to black Sigatoka, 'Pelipita' also expresses resistance to yellow Sigatoka and to Fusarium wilt and, in addition, shows resistance to finger detachment. 'Pelipita' was evaluated and recommended for planting by the Embrapa Western Amazon.

'Prata Caprichosa'. This AAAB tetraploid hybrid was generated by the Brazilian banana breeding program from crossings between the cultivar Prata Comum (AAB) and the diploid hybrid M-53 (AA). In comparison with 'Prata Comum', its female parental, 'Prata Caprichosa' shows higher resistance to finger detachment. This cultivar is tall and rustic, with fruits similar to 'Prata Comum' regarding to taste, peel and pulp color. Besides being resistant to black Sigatoka, 'Prata Caprichosa' is also resistant to yellow Sigatoka and to Fusarium wilt as well.

'Prata Garantida'. Obtained at Embrapa Cassava and Tropical Fruits from crossings between the banana cultivar Prata São Tomé (AAB) and the diploid hybrid M-53 (AA), 'Prata Garantida' is a tetraploid hybrid (AAAB) resistant to black sigatoka, that shows fruits sweeter and bigger than those of its female parental ('Prata São Tomé'). Additionally, the number of finger per bunch is also higher and expresses good resistance to finger detachment. Besides resistant to black Sigatoka, 'Prata Garantida' is resistant to yellow Sigatoka as well as to Fusarium wilt.

'Prata Zulu'. Internationally known as 'Gian Hui', 'Prata Zulu' is an AAB triploid cultivar that shows tall plant height and bunch weight around 20 to 25 kg. 'Prata Zulu' was evaluated and recommended for planting by the Embrapa Western Amazon, mainly due to its resistance to black Sigatoka. That cultivar expresses also resistance to yellow Sigatoka, but it is susceptible to Fusarium wilt.

'Preciosa'. Similar to 'Pacovan Ken', 'Preciosa' is an AAAB tetraploid hybrid, that shows tall plant height. This banana hybrid was obtained at the Embrapa Cassava and Tropical Fruits from crossings between the cultivar Pacovan (AAB) and the diploid hybrid M53 (AA). This new cultivar is rustic, tall, with fruits larger and sweeter than those of 'Pacovan', and shows resistance to finger detachment similar to its female parental. Besides expressing resistance to black Sigatoka, 'Preciosa' also shows resistance to yellow Sigatoka and to Fusarium wilt. It was initially recommended to be planted in the State of Acre where black Sigatoka is the most serious banana constraint.

'Vitória'. Obtained at the Embrapa Cassava and Tropical Fruits, 'Vitória', an AAAB tetraploid hybrid originated from crosses between 'Pavocan' (AAB) and the (AA) diploid hybrid M53. After several evaluation cycles, it was selected and released to banana growers of the State of Espírito Santo due to its good horticultural characteristics such as: number and size of fruits similar to those of 'Prata' type cultivars; good yield; resistance to black Sigatoka, as well as to yellow Sigatoka and to Fusarium wilt. 'Vitória' also shows good number of suckers as well as fruits with long shelf life and resistance to antracnose as compared with 'Prata' type cultivars.

Actions have been performed in several banana growing areas aiming at improving the diffusion of those new banana varieties resistant to black Sigatoka, to both growers and consumers.

## CONCLUDING REMARKS

Due to the pro-active action of the Embrapa Cassava and Tropical Fruits starting a banana breeding program, aiming at generating banana varieties resistant to black Sigatoka, before that disease being present in Brazil, it was possible to release black Sigatoka resistant varieties to the banana growers as soon as the disease was detected in that Country, making possible the banana cultivation in regions where black Sigatoka constitutes the main constraint.

## LITERATURE CITED

1. Cordeiro, Z.J.M.; Silva, S. de O. e. Programa de melhoramento genético da bananeira em execução na Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical. Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, Cruz das Almas, BA, 2005. 6 p. (Folder, junho 2005)
2. Cordeiro, Z.J.M.; Matos, A.P. de; Silva, S. de O. e. Black Sigatoka confirmed in Brazil. Infomusa, Montpellier. V.7, n.1, p.31, 1999.
3. Jones, D.R. Diseases of Banana, Abacá and Enset. CABI Publishing, Wallingford, UK, 2000. 544p.
4. Penteado, L.A. de C.; Rangel, A.; Saes, L.A.; Gelmini, G.A. Sigatoka negra; sintomas e principais cultivares. CATI, Registro-SP (Folder)
5. Pereira, J.C.R., Gasparotto, L., Coelho, A.F.S. & Urben, A. Ocorrência da sigatoka-negra no Brasil. Fitopatologia Brasileira 23:295. 1998. (Resumo)
6. Pereira, J.C.R.; Gasparotto, L.; Normando, M.C.; Moreira, A.; Arruda, M.R. de; Silva, S. de O. e; Cordeiro, Z.J.M. Pelipita. Embrapa Amazônia Ocidental, Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, Manaus-AM, 2004 (Folder agosto 2004)
7. Sheperd, K.G.; Dantas, J.L.L.; Silva, S. de O. e. Breeding Prata and Maçã cultivars for Brazil. In: Jones, D.R. (ed.) The Improvement and Testing of Musa: a Global Partnership. INIBAP, Montpellier, 1994. p. 157-168.
8. Silva, S. de O.; Souza J.R., M.T.; Alves, E.J.; Silveira, J.R.S.; Lima, M.B. Banana breeding program at Embrapa. Crop Breeding and Applied Biotechnology. Londrina. Volume 1, number 4, p.399-436. 2001.



**BREEDING OF CERTAIN *Musa* CULTIVARS AND HYBRIDS FOR RESISTANCE TO NEMATODES  
AND *Fusarium* WILT (FOC- Race-I)****MELHORAMENTO DE CULTIVARES E HÍBRIDOS DE *Musa* PARA RESISTÊNCIA A  
NEMATÓIDES E *Fusarium* (FOC- Race-I)**

Kavitha Perianna Gounder Shanmugam<sup>1</sup>; Balamohan Thangappan Narayani<sup>2</sup> & Poornima Kizhakoot<sup>3</sup>

**SUMMARY**

India is the largest banana producing country, sharing 15 per cent of the global production. Banana is an important fruit of the Indian sub-continent. Banana is targeted by many pests and diseases, among which nematodes are considered to be the most important pest. Crop losses due to nematodes in bananas are estimated at about 20 per cent worldwide. The nematodes *Radopholus similis*, *Helicotylenchus* spp., and *Pratylenchus* spp. are posing a major threat to banana cultivation in several banana-growing regions (Gowen, 1995). Chemical control is currently being adopted used to manage these nematodes. Although nematicides are very effective and easy to use, they are very expensive, highly toxic and may have a negative impact on the environment. Therefore, nematode control through genetic improvement of banana is considered the best alternative. Hence, a screening study was conducted against these two genera (*Radopholus similis* and *Pratylenchus coffeae*). Commercial triploids like Peykunnan (syn. Pisang Awak - ABB), Poovan (syn. Mysore - AAB), Rasthali (syn. Silk - AAB) and Virupaksi (syn. Pome - AAB), which are grown extensively in Southern India, were utilized as female parents. Three potential diploid cultivars like Anaikomban (AA), Pisang Lilin(AA) and Erachivazhai(AA), which are resistant/tolerant to nematodes and *Fusarium* wilt (FOC – race 1) were used as pollen parents. The evolved hybrids were screened under pot culture and field conditions for examining their reaction level to nematodes (*Radopholus similis* and *Pratylenchus coffeae*) and *Fusarium* wilt (FOC – race 1). A triploid hybrid H-04-21 akin to Rasthali (syn. Silk, AAB) was found to be tolerant to both the nematodes in its phase I stage and the phase II evaluation is under progress.

**Keywords:** crossing, genetic improvement, banana

**INTRODUCTION**

Breeding bananas for nematode resistance is an alternate strategy for controlling nematode pests, simultaneously ensuring environmental safety. Development of nematode resistant hybrids with quality and better yield, therefore, assumes priority in banana breeding programmes in many parts of the world (Simmonds, 1966). In India, the main objectives of banana breeding is to develop varieties resistant to Yellow Sigatoka disease (*M.musicola*), lesion nematodes and *Fusarium* wilt (FOC – race 1) along with high yield and better taste besides good horticultural traits. This warrants synthesizing the diploid male parents with good male fertility along with resistance to Sigatoka leaf spot, lesion nematodes and *Fusarium* wilt (Sathiamoorthy, 1987). To achieve the objectives, development of synthetic diploids like H-201 and H-65 were evolved besides identification of potential diploid parents like Anaikomban, Erachivazhai and Pisang Lilin, which are found to be resistant to wilt and nematodes (Sathiamoorthy and Balamohan, 1993; Gunavathi, 2000 ; Kumar and Soorianathasundaram, 2002). These potential diploids were further utilized in diploid x diploid and commercial triploid (cultivars) x diploid breeding programmes to evolve secondary diploids, primary triploids or tetraploids with resistance to nematodes, wilt and Sigatoka disease (Krishnamoorthy, 2002 ; Kumar *et al.*, 2002 and Damodaran, 2003). The study was taken up to develop new synthetic hybrids resistant to nematodes and also to identify the breeding potential of the hybrids for further improvement.

**MATERIALS AND METHODS**

*Musa* breeding is carried out in two phases viz., the production of hybrids and the testing of elite hybrids for their potentials. The banana hybrids evolved are evaluated in two stages viz. Preliminary stage and advanced stage. The former involves two types of trials, viz., the Early

<sup>1</sup> Kavitha. P.S., Research Scholar, Department of Fruit Crops, HC & RI, TNAU, Coimbatore-3

<sup>1</sup> Balamohan. T.N., Professor and Head, Department of Fruit Crops, HC & RI, TNAU, Coimbatore-3

<sup>1</sup> Poornima. K., Assistant professor (Nematology), Department of Fruit Crops, HC & RI, TNAU, Coimbatore-3

Evaluation Trial (EET) or phase-I evaluation and the other is Preliminary Yield Trial (PYT) or phase-II evaluation (Ortiz, 1995). Unlike the plant crop,  $F_1$  seedlings take more time for shooting (16-18 months). The breeder cannot assess the yield potential of the  $F_1$  in first seedling generation because  $F_1$  cannot express the full yield potential since it spends more potential energy for corm development.

The hybrids were evaluated for their breeding potential and yield besides their resistance to nematodes and *Fusarium* (*Fusarium* wilt (FOC – race 1)) in a randomised block design replicated thrice. In both field and pot studies, the hybrids were evaluated along with the reference cultivars. The susceptible check cultivar used for screening both the nematodes (*Radopholus* and *Pratylenchus*) was Rasthali (AAB, syn. Silk), while the resistant reference cultivar used for screening *P. coffeae* was *Pisang Lilin* (AA) and for *R. similis* was Yangambi (AAA) Km#5. The screening of nematode studies were done based on the root and corm damage assessment given in INIBAP technical guidelines No.1 (Speijer and De Waele, 1997).

## RESULTS AND DISCUSSION

Although 6820 crosses were made, only 967 seeds were obtained. Among them, 53 seedlings alone germinated, of which 24 (phase I hybrids) were evaluated for yield and resistance along with their parents. Among the 24 hybrids, two diploids, two triploids, five tetraploids and fifteen pentaploids were observed. Field screening of 24 hybrids for *P. coffeae* revealed that the H-04-05, H-04-06, H-04-12, H-04-22 and H-04-23 were found to be resistant and H-04-21 and H-04-24 were found to be tolerant while H-04-06, H-04-22 and H-04-23 were resistant and H-04-05, H-04-12, H-04-21 and H-04-24 were tolerant to *R. similis*. These were however confirmed under artificially inoculated pot culture studies under glass house conditions (Table: 1).

Field screening of phase II hybrids for lesion nematodes revealed that the hybrids H-03-05, H-03-17 and H-03-19 were resistant and H-03-11, H-03-13, H-03-15 and NPH-02-01 were tolerant, while H-03-06 was susceptible. On the other hand, H-03-05 and H-03-13 were resistant and H-03-11, H-03-15, H-03-17, H-03-19 and NPH-02-01 were tolerant to *R. similis*. This was, also confirmed by pot culture studies under glass house conditions (Table: 2).

## CONCLUSION

The hybrids H-04-05, H-04-06 and H-04-24 are identified as potential parents that can be used for further breeding programme due to their high male and female fertility along with resistance to nematodes and *Fusarium* wilt.

The hybrids H-04-06, NPH-02-01, H-03-05, H-03-17 and H-03-19 gave better bunch weight besides possessing resistance to nematodes and *Fusarium* disease and they have to be studied further for exploitation. Among the hybrids, the triploid hybrid H-04-21 with small stature, akin to Rasthali (syn. Silk, AAB), tolerant to nematode and wilt needs further evaluation, since the cultivar Rasthali is a predominant cultivar grown for its fruit taste and aroma and the area of cultivation is shrinking due to its susceptibility to *Fusarium* disease.

## REFERENCES

1. Simmonds, N. W. 1966. Bananas. Longman, London.
2. Sathiamoorthy, S. 1987. Studies on male breeding potential and certain aspects of breeding bananas. Ph.D. (Hort.) Thesis, Tamil Nadu Agriculture University, Coimbatore.
3. Sathiamoorthy, S. and T. N. Balamohan. 1993. Improvement of Banana. In: Advances in Horticulture vol. 1-Fruit crops part I., K.L. Chadha and D.P. Pareek, (Eds), Malhotra Publishing House, New Delhi, India.
4. Kumar, N. and K. Soorianathasundaram. 2002. Progress and current strategies in banana improvement in Tamil Nadu (India). Paper presented in Global Conference on Banana and Plantain, 28-31, October 2002, Bangalore organized by AIPUB, INIBAP and FAO.
5. Gowen, S.R. 1995. The sources of nematode resistance, the possible mechanism and potential for nematode tolerance in Musa. In : New frontiers in resistance breeding for nematode fusarium and sigatoka. Proc. workshop held in Kuala Lumpur, Malaysia, 2-5 Oct. 1995 (Eds : E.A Frisa, J.P. Horry and D.De. Waele). INIBAP.
6. Gunavathi, J. 2000. Studies on resistance to Panama wilt (*Fusarium oxysporum* f. sp. *Cubense*) in certain banana hybrids. M.Sc. (Hort.) Thesis, Tamil Nadu Agricultural University, Coimbatore.
7. Damodaran, T. 2003. Breeding for resistance to *Fusarium* wilt and nematodes in banana (*Musa* spp.). Ph.D. (Hort.) Thesis. Tamil Nadu Agricultural University, Coimbatore.
8. Krishnamoorthy, V. 2002. Breeding for resistance to Sigatoka leaf spot and nematodes in banana (*Musa* spp.). Ph.D. (Hort.) Thesis. Tamil Nadu Agricultural University, Coimbatore.

9. Ortiz, R. 1995. *Musa* genetics. In : Bananas and plantains. Gowen, S (Ed.), Chapman Hall, London, U.K., pp. 84-109.
10. Speijer P.R. and D. De Waele. 1997. Screening of *Musa* germplasm for resistance and tolerance to nematodes. INIBAP Technical Guidelines 1. INIBAP, Montpellier, France, 42pp.

Fig. 1 Promising accession among phase II hybrids



**Table 1: Screening of banana hybrids for resistance to lesion and burrowing nematode for Phase I hybrids**

| S. No. | Hybrids                                               | Parents                   | Genome | Bunch weight (kg) | TSS (%) | Male fertility | Fruit growth | Fusarium wilt | Nematodes                   |                           |
|--------|-------------------------------------------------------|---------------------------|--------|-------------------|---------|----------------|--------------|---------------|-----------------------------|---------------------------|
|        |                                                       |                           |        |                   |         |                |              |               | <i>Pratylenchus coffeae</i> | <i>Radopholus similis</i> |
| 1.     | H-04-06                                               | H-02-32 XPL               | AABB   | 17.50             | 24.80   | ✓              | NP           | R             | R                           | R                         |
| 2.     | H-04-22                                               | Anaikomban x Pisang Lilin | AA     | 2.00              | 16.50   | ✓              | P            | R             | R                           | R                         |
| 3.     | H-04-23                                               | Senna Chenkadali (op)     | AA     | 8.50              | 15.20   | ✓              | P            | R             | R                           | R                         |
| 4.     | H-04-05                                               | H-02-32 x Pisang Lilin    | AABB   | 17.50             | 24.80   | ✓              | P            | R             | R                           | T                         |
| 5.     | H-04-12                                               | H-02-32 x Pisang Lilin    | AABB   | 9.00              | 21.00   | ✓              | NP           | S             | R                           | T                         |
| 6.     | H-04-21                                               | H-02-32 x Pisang Lilin    | AAB    | 7.50              | 26.00   | -              | P            | R             | T                           | T                         |
| 7.     | H-04-24                                               | Peykunnan OP              | AAB    | 12.00             | 22.80   | ✓              | NP           | R             | T                           | T                         |
| 8.     | Rasthali (Susceptible check)                          | -                         | AAB    | 9.00              | 21.80   | -              | P            | HS            | HS                          | HS                        |
| 9.     | YKM#5 (Resistant check for <i>R. similis</i> )        | -                         | AAA    | 7.50              | 18.50   | ✓              | -            | R             | NA                          | R                         |
| 10.    | Pisang Lilin (Resistant check for <i>P. coffeae</i> ) | -                         | AA     | 3.00              | 18.00   | ✓              | -            | R             | R                           | NA                        |

R-Resistant ; T-Tolerant; S – Susceptible; HS – Highly Susceptible; EV- Erachi Vazhai; PL- Pisang Lilin; NP- Non Parthenocarpic; P- Parthenocarpic; OP – Open Pollinated ;NA – Not Assessed

**Table : 2 Screening of banana hybrids for resistance to lesion and burrowing nematode for Phase II hybrids**

| S. No | Hybrids                                               | Parents                  | Genom<br>e | Bunch<br>weight<br>(kg) | TSS<br>(%) | Male<br>fertili<br>ty | Fru<br>it<br>gro<br>wth | Fusari<br>um wilt | Nematodes             |                       |
|-------|-------------------------------------------------------|--------------------------|------------|-------------------------|------------|-----------------------|-------------------------|-------------------|-----------------------|-----------------------|
|       |                                                       |                          |            |                         |            |                       |                         |                   | <i>P.<br/>coffeae</i> | <i>R.<br/>similis</i> |
| 1.    | H-03-06                                               | H-02-32 x Pisang Lilin   | AB         | 10.00                   | 21.00      | ✓                     | P                       | S                 | S                     | S                     |
| 2.    | H-03-05                                               | Peykunnan OP             | AABB       | 6.00                    | 23.70      | ✓                     | NP                      | R                 | R                     | R                     |
| 3.    | H-03-17                                               | Peykunnan x PL           | AABB       | 10.50                   | 21.20      | ✓                     | NP                      | R                 | R                     | T                     |
| 4.    | H-03-19                                               | Peykunnan x EV           | AABB       | 14.00                   | 22.00      | ✓                     | NP                      | R                 | R                     | T                     |
| 5.    | H-03-11                                               | H-02-32 X Pisang Lilin   | AABB       | 9.50                    | 20.40      | ✓                     | NP                      | HS                | T                     | T                     |
| 6.    | H-03-13                                               | Peykunnan x Erachivazhai | AABB       | 12.00                   | 21.6       | ✓                     | NP                      | R                 | T                     | R                     |
| 7.    | H-03-15                                               | H-02-32 X Pisang Lilin   | AAB        | 8.00                    | 20.80      | ✓                     | NP                      | R                 | T                     | T                     |
| 8.    | NPH-02-01                                             | H201 x Anaikomban        | AAB        | 19.00                   | 21.80      | ✓                     | NP                      | R                 | T                     | T                     |
| 9.    | Rasthali (Susceptible check)                          | -                        | AAB        | 9.00                    | 21.80      | -                     | P                       | HS                | HS                    | HS                    |
| 10.   | Pisang Lilin (Resistant check for <i>P. coffeae</i> ) | -                        | AA         | 3.50                    | 18.50      | ✓                     | -                       | R                 | R                     | NA                    |
| 11.   | YKM#5 (Resistant check for <i>R. similis</i> )        | -                        | AAA        | 7.00                    | 18.00      | ✓                     | -                       | NA                | NA                    | R                     |

R-Resistant ; T-Tolerant ; S – Susceptible; HS – Highly Susceptible; EV- Erachi Vazhai; PL- Pisang Lilin; NP- Non Parthenocarpic; P- Parthenocarp OP – Open Pollinated ; NA – Not Assessed

## CARACTERIZACIÓN DE LA VARIABILIDAD GENÉTICA EN GENOTIPOS DE PLÁTANO (*Musa spp*).

### CHARACTERIZATION OF GENETIC VARIABILITY IN BANANA GENOTYPES (*Musa spp*).

Lianet González Díaz<sup>1</sup>; Sergio Rodríguez Morales<sup>1</sup>; María Isabel Román<sup>2</sup>; Teresa Ramírez Pedraza<sup>1</sup>;  
Miguel Hernández Estrada<sup>1</sup>; Yoel Beovides García<sup>1</sup>; Osmany Molina Concepción<sup>1</sup>; Juan Ramón  
Gálvez Guerra<sup>1</sup> & Eliécer Reinaldo Álvarez<sup>1</sup>.

### RESUMEN

Los plátanos y bananos son cultivos de origen milenario. Su comercio nutre un mercado de gran dinamismo y su cultivo inspira estudios científicos sobre su genética o producción ecológica. En Cuba, dada la importancia del plátano, es necesario considerar el impacto de la crisis que ha tenido el mismo al ser sometido a los principales problemas fitopatológicos, en especial las Sigatokas. Esta situación, asociada a los gustos de los consumidores, ha generado la necesidad de nuevas variedades y/o estudios de la base genética existente para mantener la demanda satisfecha al consumidor. El monitoreo de la variabilidad genética utilizando marcadores morfológicos, citogenéticos y moleculares es muy útil, ya que son técnicas rápidas y válidas para la detección de esta variabilidad. En este trabajo se realizó la caracterización de 34 genotipos de plátano pertenecientes al genofondo cubano de *Musa spp* y cinco obtenidos por diferentes métodos de mejora, con vistas a determinar la posible variabilidad genética y su comportamiento agronómico para su inclusión en futuros programas de mejoramiento. Se evaluaron 37 descriptores morfológicos, se realizó la determinación del número cromosómico y se estudiaron los sistemas isoenzimáticos peroxidasa, esterasa, polifenoloxidasas y anhidrasa carbónica. Se determinaron las variables morfoagronómicas más importantes, se comprobó la condición triploide y tetraploide de los materiales y dentro de los subgrupos se pudieron identificar genotipos para los diferentes sistemas isoenzimáticos. Se determinó que los materiales obtenidos por mutagénesis y variación somaclonal resultaron ser nuevas accesiones por presentar diferencias con su donante, encontrándose, una reversión en el nivel de ploidía de uno de ellos, lo que resulta el primer reporte sobre esta temática en el Género *Musa*.

**Palabras claves:** plátanos, variabilidad, caracterización, subgrupos, genotipos, accesiones, descriptores.

### SUMMARY

The bananas and banana trees are cultures of millenarian origin. Its commerce nourishes a market of great dynamism and its culture inspires scientific studies on its genetics or ecological production. In Cuba, given the importance of the banana, is necessary to consider the impact of the crisis that has had he himself to the being submissive the main fitopatológicos problems, in special the Sigatokas. This situation, associated to the tastes of the consumers, has generated the necessity of new varieties and/or studies of the existing genetic base to maintain the demand satisfied to the consumer. The monitoreo of the variability genetic using marking morphologic, citogenéticos and molecular is very useful, since they are technical fast and valid for the detection of this variability. In this work the characterization of 34 banana genotypes pertaining to genofondo Cuban of *Musa* was made spp and five obtained by different methods from improvement, with views to determine the possible genetic variability and its agronómico behavior for its inclusion in future programs of improvement. Morphologic ones were evaluated 37 description, was made the determination of the chromosomal number and the isoenzimáticos systems studied peroxidasa, esterasa, polifenoloxidasas and anhidrasa carbonic. The more important morfoagronómicas variables were determined, the triploide condition was verified and tetraploide of the materials and within the sub-groups genotypes for the different isoenzimáticos systems could be identified. It was determined that the materials obtained by mutagénesis and somaclonal variation turned out to be new agreements to present/display differences with their donor, being, a reversion in the level of ploidía of one of them, which is the first report on this thematic one in the *Musa* Sort.

**Keywords:** plantains, variability, characterization, subgroups, genotypes, accessions, descriptors



## INTRODUCCIÓN

El género *Musa* es una importante fuente de alimento para una gran parte de la población mundial, localizada principalmente en países subdesarrollados de Asia, África y América Central y del Sur. La producción anual se estima en alrededor de 90 millones de toneladas, de este total, 18 millones corresponden al plátano y 72 millones pertenecen al banano (FAO, 2004).

En Cuba, el cultivo de bananos y plátanos es fundamental para lograr el equilibrio de productos en el mercado, el cual constituye un renglón estratégico de elevada prioridad dentro del programa alimentario nacional debido a su capacidad de producir todos los meses del año, su elevado potencial productivo, arraigados hábitos de consumo y diversidad de usos (Rodríguez, 2000). Por este motivo se hacen grandes esfuerzos por aumentar las áreas destinadas al mismo (López, 2002).

El ataque de las principales plagas y enfermedades que afectan al cultivo ha limitado e incluso ha llegado a ser imposible el cultivo de algunos clones de gran demanda y calidad comercial como son los del tipo Cavendish (AAA) y plátano (AAB) que fueron devastados por diferentes causas, lo que convierte a la introducción y obtención de nuevos clones y sus tecnologías en una prioridad urgente para lograr satisfacer las necesidades de la población, bajo un sistema de agricultura sostenible.

En nuestro país la producción de plátano (AAB), se ha visto considerablemente afectada desde el año 1990. El complejo de factores adversos a la producción (FAP) en cultivos de extraordinaria preferencia para nuestra dieta cotidiana, implica que tengamos que abordar cada vez más y con mayor integralidad, cómo garantizar producciones sostenibles y competitivas y para ello resulta imprescindible trabajar en la recomendación de nuevos clones (García et al., 1994), lo cual hace necesario el estudio de la fuente de genes almacenada en la variabilidad genética existente.

En los últimos años diversos trabajos se han orientado hacia el mejoramiento genético y es así como varios grupos de investigadores a nivel mundial, realizan esfuerzos para aumentar la variabilidad genética en esta especie, lo cual es de gran importancia para la selección de clones de mayor productividad y con resistencia a la principal enfermedad que los afectan (López, 1989).

Es por ello que en la actualidad no sólo se ha tomado como nueva política varietal en el país para la recuperación del plátano, la introducción de nuevos clones procedentes de la Fundación Hondureña de Investigaciones Agrícolas (FHIA) con la aplicación de las nuevas y mas eficientes tecnologías, sino que a su vez se ha decidido realizar estudios más profundos en la representación de la variabilidad genética existente mediante estudios morfológicos y moleculares, así como el incremento de la misma con materiales obtenidos a través de diferentes métodos de propagación, ya sean tradicionales o biotecnológicos (variación somaclonal, mutagénesis y transformación genética) y para ello contamos con el Banco Nacional de Germoplasma del género *Musa*, el cual es considerado como Colección de Referencia para la región de América Latina y el Caribe.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se desarrolló en el Instituto de Investigaciones en Viandas Tropicales (INIVIT); Santo Domingo, Cuba, durante el período comprendido entre enero del 2000 y diciembre del 2004, enmarcado en un intenso trabajo de Conservación, Caracterización y Evaluación del Germoplasma cubano de *Musa spp.*

El banco de germoplasma del género *Musa* con 325 accesiones se encuentra conservado *ex situ*, de acuerdo a un Diseño Completamente Aleatorizado, sobre un suelo Pardo con carbonatos (Hernández, 1995) y atendido según las labores agrotécnicas del Instructivo Técnico del cultivo (MINAGRI, 1994). La investigación se basó en el estudio de la variabilidad genética existente en 39 genotipos de plátano (Tabla1), 34 procedentes de las accesiones del banco y abarca clones comerciales, clones introducidos de diferentes regiones del Mundo (Sudeste Asiático, África y América Latina) y colectas realizadas en el territorio nacional y otros cinco son selecciones de mutaciones y de variación somaclonal.

**Tabla 1. Genotipos que conforman la colección de trabajo analizada del género Musa.**

| Genotipos            | Nomenclatura | Procedencia | Subgrupo     | Tipo        |
|----------------------|--------------|-------------|--------------|-------------|
| 'FHIA-04'            | F04          | Honduras    | Tetraploides | -           |
| 'Navolean'           | NAV          | Cuba        | Plantain     | Pseudohorn  |
| 'Mzuzu green'        | MGR          | Tanzania    | Plantain     | French      |
| 'Mzuzu red'          | MRD          | Tanzania    | Plantain     | French      |
| 'Manzano criollo'    | MCR          | Cuba        | Silk         | -           |
| 'Hembra ¾'           | HTC          | Cuba        | Plantain     | French      |
| 'Z-13'               | ZTC          | Cuba        | Plantain     | Pseudohorn  |
| 'FHIA-05'            | F05          | Honduras    | Tetraploides | -           |
| 'Z-30'               | ZTT          | Cuba        | Plantain     | Pseudohorn  |
| 'FHIA-22'            | F22          | Honduras    | Tetraploides | -           |
| 'FHIA-20'            | F20          | Honduras    | Tetraploides | -           |
| 'Z-30 A'             | ZTA          | Cuba        | Plantain     | Pseudohorn  |
| 'FHIA-19'            | F19          | Honduras    | Tetraploides | -           |
| 'Selección INIVIT-2' | SI2          | Cuba        | ?            | -           |
| 'Montaña de Baracoa' | MBC          | Cuba        | Plantain     | French      |
| 'FHIA-21'            | F21          | Honduras    | Tetraploides | -           |
| 'Nigeriano'          | NIG          | Nigeria     | Tetraploides | -           |
| 'Selección INIVIT-1' | SI1          | Cuba        | ?            | -           |
| 'Saguero gigante'    | SGG          | Cuba        | Plantain     | Pseudohorn  |
| 'Zanzibar'           | ZNZ          | Filipinas   | Plantain     | Horn        |
| 'Criollo-70'         | CST          | Cuba        | Plantain     | French-Horn |
| 'Macho indio'        | MID          | Cuba        | Plantain     | Pseudohorn  |
| 'Macho rojo'         | MRJ          | Cuba        | Plantain     | Pseudohorn  |
| 'Enano guantanamero' | EGT          | Cuba        | Plantain     | Pseudohorn  |
| 'Baguano 1733'       | BDT          | Cuba        | Plantain     | Pseudohorn  |
| 'CEMSA ¾'            | CTC          | Cuba        | Plantain     | Pseudohorn  |
| 'CEMSA 1735'         | CDT          | Cuba        | Plantain     | French-Horn |
| 'Tigre'              | TGR          | Filipinas   | Plantain     | French      |
| 'Pisang ceylan'      | PCL          | Filipinas   | Silk         | -           |
| 'Macho ¾'            | MTC          | Cuba        | Plantain     | Pseudohorn  |
| 'Santa Lucía'        | STL          | Caribe      | Plantain     | Pseudohorn  |
| 'Mzinyore mejorado'  | MMJ          | Cuba        | Plantain     | Horn        |
| 'Mkonowatembo-2'     | MK2          | Tanzania    | Plantain     | Horn        |
| 'Cuba cueto'         | CCU          | Cuba        | Plantain     | Pseudohorn  |
| 'Mkonowatembo-1'     | MK1          | Tanzania    | Plantain     | Horn        |
| 'Macho criollo'      | MCH          | Cuba        | Plantain     | Pseudohorn  |
| 'Mkonowatembo-3'     | MK3          | Tanzania    | Plantain     | Horn        |
| 'Santo Domingo'      | STD          | N. Guinea   | Maia maoli   | -           |
| 'Maia maoli'         | MML          | Filipinas   | Maia maoli   | -           |

A cada genotipo seleccionado se les realizaron las caracterizaciones citogenéticas, morfoagronómicas e isoenzimáticas. El nivel de ploidía se determinó por la técnica de conteo de cromosomas. En la caracterización morfoagronómica se evaluaron los descriptores cualitativos y cuantitativos, incluidos en el Sistema de Descriptores Mínimos para el Banano de la Red Internacional para el Mejoramiento del Banano y el Plátano (INIBAP) y el Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (INIBAP-IPGRI-CIRAD, 1996). A partir del estudio del comportamiento de cada una de las variables y teniendo en cuenta los criterios de Varela, (1998), de excluir del análisis final aquellos caracteres que no ofrecen diferencias entre los individuos, se procesaron estadísticamente 29 descriptores cualitativos y 8 descriptores cuantitativos. Se empleó para el estudio un Análisis de Componentes Principales para determinar los descriptores que mostraban mayor variabilidad, a partir de una matriz de correlaciones de Spearman (variables cualitativas) y de Pearson (variables cuantitativas). A las variables cualitativas para su análisis, se le asignaron valores consecutivos en las diferentes modalidades. Los autovectores se seleccionaron con valores iguales o mayores a 0,60 según lo establecido en el programa estadístico STATISTICA versión 5.0 (1996). En esta selección también se tomaron en cuenta las correlaciones de las variables con los respectivos ejes y sus coeficientes de determinación según Fundora *et al.* (1992).

Con vistas a conocer las afinidades genéticas entre los genotipos de la colección de trabajo, se realizaron los análisis electroforéticos para cuatro sistemas isoenzimáticos (peroxidadas,

polifenoloxidasas, esterases y anhidrasa carbónica). Se establecieron los fenotipos de cada accesión sobre la base de la presencia y posición de cada banda. Se consideró como valor cero la ausencia y como valor uno la presencia de las bandas. A partir de los resultados obtenidos en los electroforetogramas, se establecieron las semejanzas entre los materiales, por el coeficiente de similitud de Apóstol (1993) con el empleo del programa MAT-GEN, Sigarrosa y Cornide (1995), para obtener la matriz de similitud. La misma fue analizada mediante un análisis de Conglomerados (*Cluster*) (Daviers, 1973) y los grupos se formaron a partir del 50% de afinidad, según lo recomendado por Linares (1988).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al realizar el estudio de los ápices radiculares de los materiales en estudio se determinó la presencia de 31 accesiones triploides ( $2n=3x=33$  cromosomas) y ocho accesiones tetraploides ( $2n=4x=44$  cromosomas). Se corroboró que todos los híbridos introducidos de la Fundación Hondureña de Investigaciones Agrícolas (FHIA) ('FHIA-04', 'FHIA-05', 'FHIA-19', 'FHIA-20', 'FHIA-21' y 'FHIA-22') son clones tetraploides (44 cromosomas) y se pudo comprobar que los mutantes 'Z-13', 'Z-30' y 'Z-30 A', obtenidos en Cuba por la inducción de mutaciones al clon Zanzíbar, mantienen estable el número cromosómico de la planta que le dio origen (33 cromosomas ( $2n=3x=33$ )) mientras que al analizar a los dos somaclones obtenidos a través de la variación somaclonal, a partir del clon 'FHIA-21', se observó que ocurrieron cambios en el nivel de ploidía en la variante 'Selección INIVIT-2', ya que se observó la presencia de  $2n=3x=33$  cromosomas lo cual lo hace una variante somaclonal triploide, mientras que la 'Selección INIVIT-1' mantuvo el número de cromosomas del donante (44 cromosomas). Daniells (2000) plantea que el grupo genómico del clon donante 'FHIA-21' es AAAB, por lo que a partir de los tamaños diferenciales de los cromosomas de los grupos genómicos A y B según Lysák *et al.* (1999), pudiera explicarse la pérdida de un juego de cromosomas y la reversión del nivel de ploidía al ser sometido a las condiciones del cultivo *in vitro*. Este resultado se considera el primer reporte sobre la temática en el género *Musa*, según la literatura consultada. Los resultados anteriores confirman las investigaciones realizadas por Jain *et al.* (1998), el cual plantea que con frecuencia durante los procesos de cultivo *in vitro* pueden generarse disturbios o cambios en el material propagado que llegan a ser muy perjudiciales en este proceso y se señala la influencia de la edad sobre la estabilidad genética como causa importante de variación somaclonal. Por esta razón George (1996) y Vuylsteke (1998) recomiendan renovar los explantes cada cierto número de multiplicaciones.

En el análisis de componentes principales para las variables cualitativas se observa que con tres componentes se explica el 51.90% de la variación total, observando que en la componente I, las variables que más aportan con contribuciones positivas a la caracterización son: forma de la yema masculina, forma del ápice de las brácteas, imbricación de las brácteas, pigmentación del tépalo compuesto, color de los lobos del tépalo compuesto, aspecto del tépalo libre, color del estigma, color del ovario y la pigmentación del ovario y con contribuciones negativas están el enanismo y el tipo de yema masculina, mientras que para la componente II, sobresalen las variables, manchas en la base del pecíolo, color de las manchas en la base del pecíolo, posición del raquis y ápice del fruto con contribuciones negativas en todos los casos y en la componente III, las variables que más aportan son el color del pseudotallo y el color de la pulpa madura.

En la Figura 1, se muestra la distribución gráfica de la colección de trabajo, de acuerdo con los resultados obtenidos en el análisis de las componentes principales, para los caracteres cualitativos.

De acuerdo con la posición de los materiales en el plano comprendido por ambos ejes se formaron seis grupos y las accesiones se agrupan, generalmente, por los subgrupos a los cuales pertenecen, según la clasificación de Simmonds, (1973) y Rodríguez, (1984).

Al analizar en su conjunto al clon 'Zanzíbar' y sus mutantes 'Z-30', 'Z-30 A' y 'Z-13', se pudo observar que estos se separan de su donante, y se establecen en grupos diferentes, debido a las diferencias encontradas al evaluar los descriptores utilizados, entre las que se destacan reversión del tipo *Horn* a *Pseudohorn*, cambios en la coloración del pseudotallo, el cual varió de verde rojizo en el donante a verde medio en las tres variantes seleccionadas; disminución del porte, el cual pasa de porte alto en el 'Zanzíbar' a porte medio en los mutantes y también se observa una disminución del ahijamiento en estos últimos. Resultados similares fueron obtenidos por García *et al.* (2002) al evaluar la variabilidad producida por la inducción de mutaciones y el cultivo de tejidos en el cultivar de banano 'Gran enano' y por Pérez (1998) al comparar la variación somaclonal con la mutagénesis en la caña de azúcar.

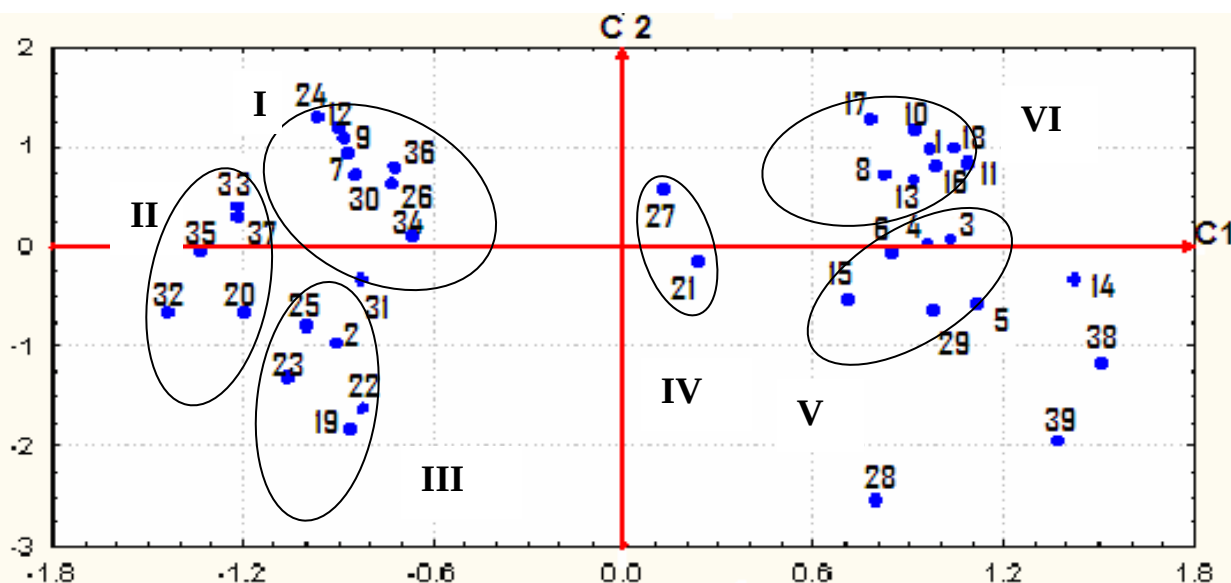


Figura 1. Distribución de las accesiones segun el análisis de componentes principales basado en las variables cualitativas analizadas. (1-F04, 2-NAV, 3-MGR, 4-MRD, 5-MCR, 6-HTC, 7-ZTC, 8-F05, 9-ZTT, 10-F22, 11-F20, 12-ZTA, 13-F19, 14-SI2, 15-MBC, 16-F21, 17-NIG, 18-SI1, 19-SGG, 20-ZNZ, 21-CST, 22-MID, 23-MRJ, 24-EGT, 25-BDT, 26-CTC, 27-CDT, 28-TGR, 29-PCL, 30-MTC, 31-STL, 32-MMJ, 33-MK2, 34-CCU, 35-MK1, 36-MCH, 37-MK3, 38-STD, 39-MML)

Al analizar los somaclones observamos como la 'Selección INIVIT-1' se une en el sexto grupo con todos los clones introducidos de la FHIA ('FHIA-04', 'FHIA-05', 'FHIA-19', 'FHIA-20', 'FHIA-21' y 'FHIA-22'), los cuales presentan similitud en la mayoría de los variables cualitativas que más aportan a la caracterización, mientras que las diferencias generadas por la reversión en el nivel de ploidía, así como algunas características fenotípicas en el somaclon 'Selección INIVIT-2' provocan que esta variante se separa con las mayores contribuciones positivas en la componente I.

Al analizar las variables cuantitativas estas ofrecen una contribución importante para la caracterización de los materiales estudiados y puede observarse que con dos componentes se explica el 64,50% de la variabilidad total.

En la componente I se encuentran los valores que más contribuyen a la caracterización como son: el diámetro del pseudotallo, peso del racimo, número de manos, número de frutos totales, número de hojas en floración y el número de hojas en la cosecha, mientras que para la componente II las variables que sobresalen sin presentar una contribución significativa, fueron la altura de la planta con contribuciones positivas y la longitud de los dedos con contribuciones negativas.

La distribución gráfica de accesiones estudiadas de acuerdo con los resultados obtenidos en el análisis de componentes principales, para los caracteres cuantitativos, se observa en la Figura 2.

Las accesiones se distribuyeron en cuatro grupos, a medida que nos desplazamos hacia la derecha sobre el eje horizontal (componente I) se incrementa el rendimiento, ya que el número de manos, número de frutos por racimo y peso de los racimos aumenta, mientras que en los valores positivos de la componente II se encuentran los clones de mayor altura.

Al analizar en conjunto los mutantes 'Z-13', 'Z-30' y 'Z-30 A' con su donante el clon 'Zanzíbar', se observa que continúan separados, provocado por la disminución del porte en los mismos y en el caso del 'FHIA-21' y los somaclones, continúa muy próximo al donante la 'Selección INIVIT-1' y se aleja la 'Selección INIVIT-2' por sus menores valores en los componentes del rendimiento.

Resultados similares fueron encontrados por Makumbi y Rubaihayo (1995) en la diferenciación de 127 accesiones de bananos en los altiplanos de África Oriental y Central, por Karamura (1998) en la diferenciación de 238 accesiones de bananos en Uganda, el cual utilizó 73 características morfológicas para clasificar estos bananos y por Román (2004) en la caracterización de 40 accesiones de bananos y plátanos del subgrupo *Bluggoe*.

El análisis cuantitativo de los zimogramas para los cuatro sistemas isoenzimáticos de la colección de trabajo aparece en la Tabla 2.

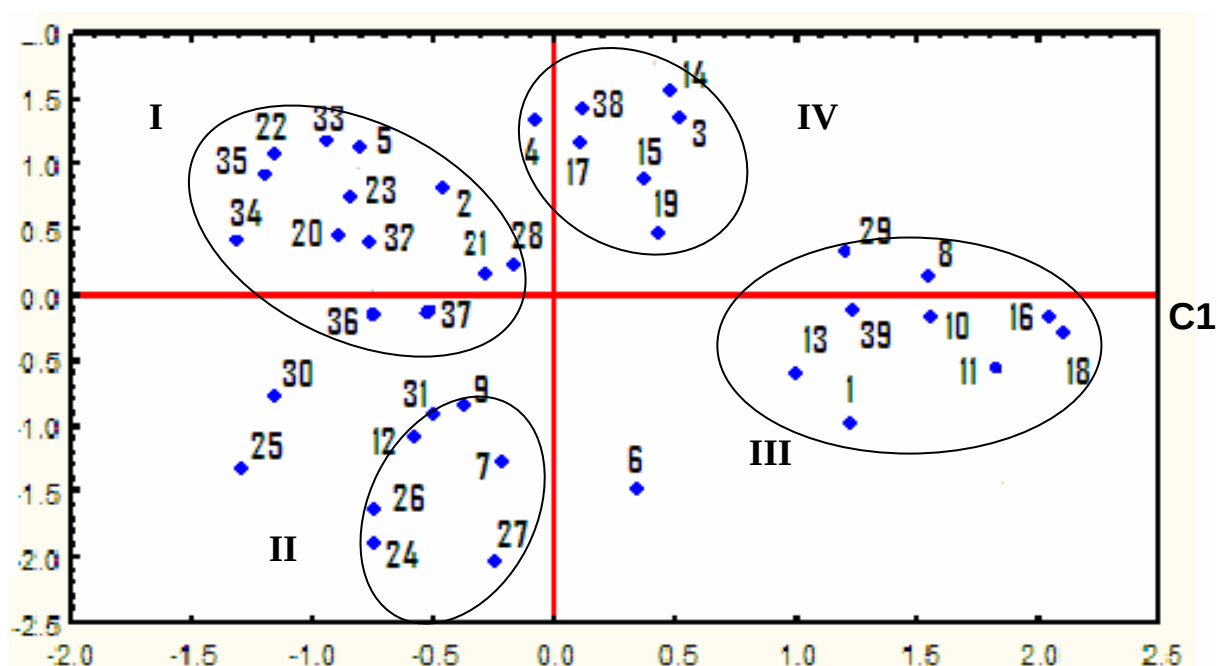


Figura 2. Distribución de las accesiones según el análisis de componentes principales basado en las variables cuantitativas analizadas. (1-F04, 2-NAV, 3-MGR, 4-MRD, 5-MCR, 6-HTC, 7-ZTC, 8-F05, 9-ZTT, 10-F22, 11-F20, 12- ZTA, 13-F19, 14-SI2, 15-MBC, 16-F21, 17-NIG, 18-SI1, 19-SGG, 20-ZNZ, 21-CST, 22-MID, 23-MRJ, 24-EGT, 25-BDT, 26- CTC, 27-CDT, 28-TGR, 29-PCL, 30-MTC, 31-STL, 32-MMJ, 33-MK2, 34-CCU, 35-MK1, 36-MCH, 37-MK3, 38-STD, 39-MML)

Tabla 2: Relación de bandas de los electroforetogramas de los genotipos estudiados.

| Sistemas isoenzimáticos | Total de bandas | Total de bandas propias | Total de bandas comunes | % de polimorfismo |
|-------------------------|-----------------|-------------------------|-------------------------|-------------------|
| Peroxidasas             | 6               | 0                       | 1                       | 83                |
| Polifenoloxidasas       | 9               | 0                       | 9                       | 0                 |
| Esterasas               | 6               | 0                       | 3                       | 50                |
| Anhidrasa carbónica     | 9               | 0                       | 5                       | 44                |
| <b>TOTAL</b>            | <b>30</b>       | <b>0</b>                | <b>18</b>               | <b>40</b>         |

El sistema de mayor polimorfismo resultó ser las isoenzimas peroxidasas con un 83% donde se pudieron diferenciar clones de los diferentes subgrupos. Con un nivel medio de polimorfismo se encuentran los sistemas esterasas y anhidrasa carbónica donde también se pudieron identificar algunos clones con patrones característicos y el sistema polifenoloxidasas fue totalmente monomórfico.

La Tabla 3 muestra los patrones isoenzimáticos de cada clon para los cuatro sistemas analizados, obtenida por el paquete estadístico MATGEN. Esta tabla permite identificar grupos de clones con identidad genotípica para los cuatro sistemas y los clones que presentan zimotipos únicos para cada sistema. El sistema peroxidasas permite la diferenciación del clon 'Santo Domingo', el sistema anhidrasa carbónica se puede emplear como marcador genético-bioquímico en la diferenciación e identificación de los clones 'Mzuzu red' y 'FHIA-04'; mientras que los clones 'Nigeriano', 'Sagüero gigante' y 'Montaña de Baracoa' se pueden identificar empleando el sistema esterasas. Los clones 'Z-13', 'Z-30' y 'Z-30 A', son resultado de mutagénesis en el clon 'Zanzibar', del que difieren genéticamente según los resultados obtenidos en los análisis isoenzimáticos, los que además detectan diferencias entre dichos mutantes. De igual forma sucede con los soma clones 'Selección INIVIT-1' y 'Selección INIVIT-2', que difieren entre ellos en todos los sistemas. El primero



sólo puede diferenciarse del donante mediante el sistema peroxidadas, mientras que el segundo es diferente para los cuatro sistemas analizados, por lo que puede ser considerado como un nuevo clon de plátano.

Tabla 3: Patrones electroforéticos obtenidos en los sistemas isoenzimáticos analizados mediante el programa MAT-GEN en la colección de trabajo.

| Peroxidasas  |                                                                                    | Polifenoloxidasas   |                                                                   |
|--------------|------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-------------------------------------------------------------------|
| Patrones     | Clones                                                                             | Patrones            | Clones                                                            |
| 111101 ----- | 1,8,13,25,29,31,34                                                                 | 1111111111          | Todos                                                             |
| 110111 ----- | 11,15,16,17                                                                        |                     |                                                                   |
| 111011 ----- | 20,21,22,30                                                                        |                     |                                                                   |
| 110101 ----- | 7,10,12,14                                                                         |                     |                                                                   |
| 111111 ----- | 2,3,4,5,6,9,18,19,23,35,36,37,38                                                   |                     |                                                                   |
| 111001 ----- | 24,26,27,28,32,33                                                                  |                     |                                                                   |
| 000111 ----- | 39                                                                                 |                     |                                                                   |
| Esterasas    |                                                                                    | Anhidrasa carbónica |                                                                   |
| Patrones     | Clones                                                                             | Patrones            | Clones                                                            |
| 111111-----  | 2,3,4,6,8,10,12,16,18,21,22, 23, 24, 25,26,27,28,29,30,31,32,33,34,35, 36,37,38,39 | 111111111-----      | 6,8,12,21,22,23,24,25,27, 26,28,29,30,31,32,33,34, 35,36,37,38,39 |
| 110111-----  | 1,5,7,9                                                                            | 011111111-----      | 15,16,17,18                                                       |
| 111001-----  | 1,13                                                                               | 011110111-----      | 11,13,14,19,20                                                    |
| 110011-----  | 19,14                                                                              | 010111111-----      | 2,3,5,7                                                           |
| 111101-----  | 17                                                                                 | 011111011-----      | 9,10                                                              |
| 110001-----  | 15                                                                                 | 010111011-----      | 1                                                                 |
| 111011-----  | 20                                                                                 | 110111111-----      | 4                                                                 |

Los resultados de este trabajo ponen de manifiesto una vez más, la necesidad de combinar los análisis morfoagronómicos con los estudios genéticos-bioquímicos y citogenéticos en la caracterización de los genotipos, de modo que se pueda conocer el nivel de variabilidad genética presente en los cultivos y determinar su aprovechamiento en los programas de mejoramiento por vías tradicionales o biotecnológicas.

Es la primera vez en Cuba que estos genotipos de plátano son evaluados de forma conjunta, lo que brinda una valiosa información para su explotación comercial y genética, ya que permite recomendar para la producción los clones que muestran los más altos rendimientos y cumplen con los requerimientos nutricionales e introducen una mayor diversidad genética en el cultivo.

## CONCLUSIONES

1. Se comprobó la presencia de 31 accesiones triploides con  $2n=3x=33$  y ocho accesiones tetraploides  $2n=4x=44$ , con un cariotipo conformado por cromosomas relativamente pequeños y metacéntricos.
2. Se pudo comprobar que los mutantes 'Z-13', 'Z-30' y 'Z-30 A', obtenidos en Cuba por la inducción de mutaciones al clon Zanzíbar, mantienen estable el número cromosómico de la planta que le dio origen, mientras que en los somaclones obtenidos a través de la variación somaclonal, a partir del clon 'FHIA-21', se determinaron cambios en el nivel de ploidía en la variante 'Selección INIVIT-2', ya que se determinó la presencia de  $2n=3x=33$  cromosomas, lo que lo hace diferente a su donante ( $2n=4x=44$  cromosomas). Esto constituye el primer reporte sobre la temática en el Género *Musa*.
3. A partir de los análisis morfoagronómicos, se determinaron 17 descriptores cualitativos y seis cuantitativos, como las variables que más aportaron a la diferenciación de los materiales.
4. El estudio morfológico reveló la formación de seis grupos en los análisis cualitativos y cuatro en los cuantitativos, lo que muestra la amplia variabilidad genética presente en estos genotipos.
5. El sistema peroxidasa resultó el más polimórfico en la caracterización genética bioquímica de los materiales estudiados. Dentro de los subgrupos se pudieron identificar genotipos para los diferentes sistemas isoenzimáticos.



6. La composición genómica de los clones mostró una marcada influencia en el agrupamiento de las accesiones según los sistemas isoenzimáticos estudiados.
7. Se consideran como nuevas accesiones los mutantes 'Z-13', 'Z-30', 'Z-30 A' y los somaclones 'Selección INIVIT-1' y 'Selección INIVIT-2'

## RECOMENDACIONES

1. Incorporar al banco de germoplasma del cultivo los genotipos 'Z-13', 'Z-30', 'Z-30 A', 'Selección INIVIT-1' y Selección 'INIVIT-2'
2. Profundizar en los estudios del clon Selección INIVIT-2 para su inclusión en los programas de mejora genética de *Musa spp.*
3. Ampliar estos estudios utilizando otros sistemas isoenzimáticos y marcadores moleculares en los clones con idénticos zimotipos.

## BIBLIOGRAFÍA

1. DAVIERS, J. C. (1973). Statistics and data analysis in geology. I. Winley, Sans Inc, p. 536.
2. FAO (2004). Boletín trimestral FAO de Estadísticas 12:3-4.
3. FUNDORA, Z.; R. VERA; E. YABOR; O. BARRIOS. (1992). La estadística multivariada en la sanidad vegetal. INIFAT-MINAGRI, La Habana, p. 42.
4. GARCIA, R. Y O. MILIAN (1994). La ceniza como una fuente alternativa de fertilizante potásico para el plátano *Musa ABB*. Parte I Efecto sobre el crecimiento y rendimiento. Informe UPEC 17 (98): 56-59.
5. GEORGE, E. (1996). Plant propagation by tissue culture: Part 2. The Technology. Exegetics Limited, Edigton, Wilts, England, p. 9-65.
6. HERNÁNDEZ, A. 1995. Nueva Versión de Clasificación de los Suelos de Cuba. Instituto de Suelos de Cuba, La Habana, s/p.
7. IPGRI/INIBAP/CIRAD. (1996). Descriptores para el Banano (*Musa spp*). Instituto Internacional de Recursos fitogenéticos, Roma, Italia, Red Internacional para el mejoramiento del Banano y el Plátano. Montpellier, Francia; y el Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement, Montpellier, Francia.
8. JAIN, S. K.; C. O. QUALSET; G. M. BHAT; K. K. WU. (1998). Geographical patterns of phenotypic diversity in a world collection of durum wheat. C. Sci 15:700-704.
9. KARAMURA, A. (1998). Numerical taxonomic studies of the East-African Highland bananas (*Musa AAA-East Africa*) in Uganda, A thesis submitted for the degree of Doctor of Philosophy. Department of Agricultural Botany the University of Reading, INIBAP, IPGRI, p. 192.
10. LINARES, G. (1988). Análisis de datos. La Habana. Pueblo y Educación, p. 590.
11. LÓPEZ, Z. M. 1989. El plátano. Editorial Pueblo y Educación. La Habana, Cuba.
12. LÓPEZ, J. (2002). Avances y perspectivas para el mejoramiento genético de los bananos (*Musa spp*), por técnicas biotecnológicas y nucleares en el INIVIT. INFOMUSA 11 (1): 18-20.
13. MAKUMBI, D.; P. R. RUBAIHAYO (1995). Evaluation of Uganda highland banana germplasm African. Crop Science. Kampala (UGA) 1:183-187.
14. INAGRI. (1994). Instructivo Técnico para el Cultivo del Plátano.
15. PÉREZ, J. P. (1998). Variación somaclonal. Pp105-121 in Propropagación y mejora genética de plantas por biotecnología. Editora GEO.
16. RODRÍGUEZ, N. A. (1984). Genética, Fitomejoramiento y clones de plátano. I Curso de Postgrado "Producción de Plátano". Manuscrito, II parte.
17. RODRÍGUEZ MANZANO, A. (2000). Estudio de la variabilidad en el germoplasma de *Colocasia esculenta* (L.) Schott en Cuba. Tesis de doctorado, p.106
18. ROMAN, M. I. (2004). Estudio de la variabilidad genética en especies y clones de *Musa spp*. Tesis de Doctorado, Biología vegetal. Universidad de la Habana.
19. SIGARROA, A.; M. T. CORNIDE (1995). Manual MAT-GEN. Manual del usuario. Folleto, Facultad de Biología, p.37.
20. SIMMONDS, N. W. (1973). Los plátanos. Barcelona. Ed Blume.
21. STATISTICA. (1996). Versión 5.0
22. ARELA, M. (1998). Análisis multivariados de datos, aplicación a las ciencias agrícolas. Departamento Matemática aplicada, Instituto Nacional de las Ciencias Agrícolas (INCA), La Habana, p. 56
23. UYLESTEKE, D. R. (1998). Field performance of banana micropropagules and somaclones. In: Somaclonal variation and induced mutation in crop improvement. Current plant science and biotechnology in agriculture. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht, England, p. 219-241.

## COMPORTAMIENTO AGRONOMICO DE NUEVOS CULTIVARES DE PLATANO EN EL OCCIDENTE DE MEXICO

### AGRONOMIC BEHAVIOR OF NEW PLANTAIN CULTIVARS FOR WESTERN MEXICO

Victor Vázquez Valdivia<sup>1</sup>; María Hilda Pérez Barraza<sup>2</sup> & Jorge A. Osuna García<sup>3</sup>

#### RESUMEN

El banano y plátano son cultivados en las regiones tropicales de México. El estado de Nayarit esta localizado en la costa Occidental de México y es un productor importante de estas especies con 6850 hectáreas. La sigatoka negra es el principal problema de todas las zonas plataneras de México, incluyendo a Nayarit. El plátano 'Macho' es un cultivar de cocción importante en Nayarit, pero como todos los cultivares de plátano y banano que se explotan en Nayarit es susceptible a la sigatoka negra. La principal estrategia de control de la enfermedad es el control químico, el cual es demasiado costoso (representa del 40 al 60% de los costos de producción) y contribuye a contaminar el ambiente. Se evaluó el vigor, producción, calidad del fruto y tolerancia a sigatoka negra de tres cultivares de plátano y se compararon con el cultivar Macho in Nayarit, México. Los resultados mostraron que el vigor de las plantas fue similar, pero la producción fue diferente en todos los cultivares evaluados. Dos cultivares introducidos tuvieron racimos más pesados que 'Macho'. El racimo de FHIA-20 y FHIA-21 pesó 31.20 y 25.58 kg respectivamente; mientras que el peso del racimo del cultivar Macho fue de 15.83 kg. Los frutos de 'Macho' fueron los más pesados (337 g), en comparación con los frutos de los otros tres cultivares cuyo peso varió de 234 a 278 g. Los cultivares que más daños tuvieron por sigatoka negra fueron AACV Rose y Macho. 'FHIA-20' y 'FHIA-21' no tuvieron daños por la enfermedad, en la primera generación de plantas.

Palabras Clave: Sigatoka negra, plantain, qualidade

#### SUMMARY

The banana and plantain are grown in tropical regions of Mexico. The Nayarit State is located in the Western Coast of Mexico and is an important producer State of this species with 6500 ha. Black sigatoka is the main problem in all zones plantain producer of Mexico, including to Nayarit. 'Macho' plantain is an important cultivar for cooking in Nayarit, but is susceptible to sigatoka negra. Chemical control is still the main control strategy of the disease, but it very expensive (it means 40-60% of the production cost) and it is an important factor of ambient pollution. Vigor, production, fruit quality and tolerance to black sigatoka of three plantain cultivars were evaluated and compared with Macho cultivar in Nayarit, México. Vigor of plant was similar but production was different in all cultivars. Two introduced cultivars had heaviest bunch than Macho. The bunch of FHIA-20 and FHIA-21 weighted 31.20 y 25.58 kg, respectively. Macho cultivar produced bunch of 15.83 kg. The fruits of 'Macho' were the heaviest (337 g) in the others cultivars the weight of fruits was among 234 to 278 g. The damage of black sigatoka was higher in AACV Rose and 'Macho'. 'FHIA-20' y 'FHIA-21' was not damaged for the disease during the first generation of plants.

Keywords: Black sigatoka tolerant, plantain, vigor, production, quality fruits

#### INTRODUCCIÓN

El plátano se cultiva en México, en las regiones tropicales, tanto en el litoral del Atlántico como en el Pacífico. El estado de Nayarit ubicado en la Costa occidental de México figura como uno de los estados importantes en la producción de plátano con más de 6850 hectáreas (SAGARPA, 2005). En todas las zonas plataneras de México la sigatoka negra, causada por el hongo (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) es el principal factor limitante de la producción del plátano (Orozco

<sup>1</sup> Investigador del Programa de Frutales Tropicales del Campo Experimental Santiago Ixcuintla-INIFAP-Nayarit. E-mail: [yazquezv.victor@inifap.gob.mx](mailto:yazquezv.victor@inifap.gob.mx)

<sup>2</sup> Investigador del Programa de Frutales Tropicales del Campo Experimental Santiago Ixcuintla-INIFAP-Nayarit. E-mail: [perez.mariahilda@inifap.gob.mx](mailto:perez.mariahilda@inifap.gob.mx)

<sup>3</sup> Líder Nacional del cultivo del Plátano. Campo Experimental Tecoman-INIFAP-Colima. Col. E-mail: [jorel@prodigy.net](mailto:jorel@prodigy.net)

*et al.*, 1996). Nayarit no es la excepción, a pesar de que fue el último estado productor de plátano en donde la enfermedad fue introducida, los primeros brotes de la enfermedad fueron detectados en 1994 (Orozco *et al.*, 1996).

Por otro lado, el plátano 'Macho' es uno de los cultivares más importantes en el estado de Nayarit, esto debido a que se cotiza a un precio más alto en comparación con el resto de los cultivares. Este plátano pertenece al grupo genómico AAB (subgrupo plantain); sin embargo, al igual que todos los cultivares tradicionales que se explotan en esta región es susceptible al ataque de la sigatoka negra (González *et al.*, 2005). En Nayarit como en la mayoría de las zonas bananeras y plataneras del mundo, el control químico es aún la principal estrategia de control de esta enfermedad, el cual resulta demasiado costoso (Dzomeku *et al.*, 2000; Orozco *et al.*, 2001) y contribuye a la contaminación ambiental y pone en riesgo la salud humana y animal. En la actualidad representa del 40 al 60% de los costos de producción.

Ante esto se hace necesario recurrir al control genético de la enfermedad, es decir a la búsqueda de cultivares de plátano productivos, de calidad y tolerantes a la sigatoka negra como los clones híbridos generados por la Fundación Hondureña para la Investigación Agrícola (Krauss *et al.*, 2001, Wagner *et al.*, 2003, y Ramírez *et al.*, 2004), lo cual resulta más económico y no contamina el ambiente. El objetivo de este trabajo fue evaluar el comportamiento en vigor, producción, calidad del fruto y tolerancia a sigatoka negra de cuatro cultivares de plátano, sin control de la enfermedad.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se estableció un huerto experimental bajo condiciones de riego en el municipio de Santiago Ixcuintla que es uno de los más importantes en la producción de plátano en el estado de Nayarit, México. La plantación se realizó en el mes de marzo del 2004. Las características del sitio experimental son las siguientes: la altitud es de 21 m sobre el nivel del mar, tiene una temperatura media anual de 26 °C y una precipitación de 1700 mm anuales, distribuidos de junio a septiembre.

Los cultivares a comparar en este experimento fueron los siguientes genotipos: FHIA-20 (AAB), FHIA-21 (AAB), AACV-ROSE (AA), y Macho (AAB), este último es el testigo local. Los materiales incluidos en este estudio, fueron considerados por sus características del fruto como materiales para cocción. Como fuente de material vegetativo se utilizaron hijuelos de espada con una altura entre 70 y 80 cm, el cual nos fue proporcionado por investigadores del Campo Experimental Tecmán de Colima, México. Antes de establecer la plantación se realizó una adecuada preparación del terreno y se realizó una fertilización de fondo con fertilizante a base de Fósforo principalmente (18-46-00 de N-P-K) y una aplicación de un insecticida nematocida granulado para prevenir problemas de plagas del suelo. Además la base de los hijuelos (cormos) fue sumergida en una solución conteniendo un insecticida-nematocida (Carbofuran) en dosis de 1ml/l y un fungicida sistémico (Benomil) en la misma dosis, esto con la finalidad de eliminar al máximo los riesgos por plagas y/o enfermedades en el sistema radical.

La distancia de plantación utilizada fue de 3X3 m lo que da una densidad de población de 1100 matos por unidad de superficie.

El manejo que recibió el huerto después de la plantación fue siguiendo el paquete tecnológico para el cultivo del banano para el Occidente de México, generado por el INIFAP (Orozco *et al.*, 1993): Inmediatamente después de establecido el huerto, se procedió a dar un riego por gravedad, posteriormente en la plantación se estableció un sistema de riego por goteo, colocando una cintilla a ambos lados de la fila de plantas. Los riegos fueron aplicados en una frecuencia de dos por semana, procurando siempre mantener la plantación con un contenido de humedad adecuado. La fertilización se realizó utilizando la Fórmula 200-75-150 (N-P-K) fraccionándola en tres aplicaciones 1/4 a los 3 meses después de plantado, 1/4 a los 6 meses y 1/2 a los 12 meses. Se trató de mantener la plantación libre de maleza, lo cual fue posible con la aplicación de herbicidas en las calles y las hierbas que crecieron cerca de las plantas de plátano fueron eliminadas manualmente.

Otras labores que se realizaron con la frecuencia en que fue requerida fueron el deshoje, deshoje y el desperille; la eliminación de manos en el racimo para incrementar el tamaño del fruto, fue una práctica que en este primer año de evaluación no se realizó, esto con la finalidad de conocer el comportamiento de los materiales en aspectos productivos y de calidad de los frutos sin alteraciones, es decir en forma normal. Durante el desarrollo de este trabajo no se aplicaron fungicidas, ni insecticidas al follaje para conocer la tolerancia de los materiales a la sigatoka negra.

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con 10 repeticiones y un matoso como parcela. Las variables de estudio se agruparon en cuatro aspectos, siendo estos los siguientes:

vigor de las plantas, producción; aspectos de calidad de los frutos y daños por sigatoka negra; estos últimos fueron evaluados con la escala de Stover modificada por Gauhl.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Después de la evaluación de la primera generación de plantas se obtuvieron los siguientes resultados: en el aspecto de vigor de las plantas (Cuadro 1), no se detectaron diferencias significativas en la altura de planta y anchura de la hoja entre los cultivares. La altura de la planta estuvo entre 2.60 y 2.97 m, la altura de las plantas de FHIA-20 y FHIA-21 fue de 2.97 y 2.82 respectivamente, estos resultados son menores en comparación con los obtenidos en Cuba con estos mismos cultivares, donde alcanzaron alturas de 3.42 y 3.39 m (González *et al.*, 2005). Las dos variables de vigor en que se encontraron diferencias entre los cultivares, fueron en el perímetro del pseudotallo medido a un metro de altura y longitud de la hoja, resaltando que en ambas variables los valores más altos corresponden a FHIA-20.

Los cultivares FHIA-20 y FHIA-21 en este trabajo tuvieron perímetros del tallo de 63.17 y 55.17 cm, respectivamente; mientras que en Cuba alcanzaron 60.27 y 58.33 cm, es decir que tuvieron un grosor muy similar en ambos estudios. La diferencia detectada en altura es atribuida a que en Nayarit se utilizó una densidad de plantación de 1100 materos por hectárea, mientras que en Cuba los valores corresponden a una densidad de población de 1984 plantas/ha, y cuando hay más plantas, hay mayor competencia entre ellas y tienden a crecer más en altura. Las plantas de FHIA-21 en Ghana, alcanzaron una altura de 2.69 m (Dzomeku *et al.*, 2000), es decir, que tuvieron una altura menor a la encontrada en este estudio. Los resultados muestran claramente que en aspectos de vigor el cultivar FHIA-20 tiende a superar a los otros tres materiales. Las diferencias encontradas en vigor son atribuidas a características genéticas de cada cultivar o a la interacción genotipo-ambiente.

**Cuadro 1.** Aspectos de vigor de plantas de cuatro cultivares de plátano sin control de sigatoka negra en Nayarit, México.

| Cultivar      | Altura de planta (m) | Perímetro del pseudotallo (cm) | Longitud de Hoja (m) | Anchura de Hoja (cm) |
|---------------|----------------------|--------------------------------|----------------------|----------------------|
| FHIA-20       | 2.97 a <sup>1</sup>  | 63.17 a                        | 1.98 a               | 13.67 a              |
| FHIA-21       | 2.82 a               | 55.17 b                        | 1.75 b               | 13.83 a              |
| AACV-ROSE     | 2.60 a               | 51.00 b                        | 1.80 ab              | 13.83 a              |
| MACHO         | 2.85 a               | 50.33 b                        | 1.92 ab              | 12.00 a              |
| C.V.          | 9.80                 | 6.99                           | 6.48                 | 9.92                 |
| Significancia | ns                   | **                             | *                    | ns                   |

<sup>1</sup> Medias con la misma letra entre columna, son iguales estadísticamente (Tukey, 5%)

En el aspecto productivo la información obtenida indica que de las cuatro variables consideradas en este aspecto, en todas el cultivar FHIA-20 tiene los valores más altos (Cuadro 2). En peso del racimo todos los cultivares superaron al cultivar Macho, siendo mayor en los cultivares FHIA-20 y FHIA-21 con 31.2 y 25.6 kg, respectivamente; superando al cultivar local Macho con 15.4 y 9.8 kg, lo que representa un incremento en peso del racimo de 97 y 61%. Orellana *et al.* (2002) en la Republica de Cuba obtuvieron racimos de FHIA-20 y FHIA-21 con un peso de 20.6 y 21.3 kg.

Las diferencias en el peso del racimo se reflejaron en el rendimiento. Todos los cultivares superaron al testigo regional 'Macho'; FHIA-20 duplicó el rendimiento respecto a 'Macho'. Dzomeku *et al.* (2000) evaluó el comportamiento de FHIA-21 en tres localidades en África y encontró fuerte diferencias en el rendimiento entre las localidades, el mayor rendimiento promedio de tres años fue de 39.8 ton/ha y el menor de 33.7; en Nayarit el rendimiento de este cultivar fue menor ya que produjo 25.58 ton/ha.

La cantidad de manos por racimo fue mayor en el cultivar FHIA-20 y FHIA-21 con 8.67 y 7.83, superando nuevamente al cultivar Macho con 2.3 y 1.5 manos por racimo. El número de dedos por mano fue menor en 'Macho' con un valor de 8.83, mientras que en los otros tres cultivares varió de 13.50 a 15.17. En el aspecto productivo, podemos destacar que el cultivar macho fue ampliamente superado por los FHIA-20 y FHIA-21.

Respecto a la calidad de los frutos producidos (Cuadro 3), en las variables longitud y peso promedio del dedo se detectaron diferencias estadísticas entre los cultivares. El cultivar Macho tuvo los frutos más largos con 30.50 cm y peso promedio de 337.33 g, superando ampliamente a los otros tres cultivares cuya longitud del dedo estuvo entre 22.17 y 25.17 cm y el peso entre 234.83 y 277.83g.

**Cuadro 2.** Aspectos productivos de cuatro cultivares de plátano sin control de sigatoka negra en Nayarit, México.

| Cultivar      | Peso Racimo (kg)    | Rendimiento (ton/ha) | Manos/racimo (Número) | Dedos/mano (Número) |
|---------------|---------------------|----------------------|-----------------------|---------------------|
| FHIA-20       | 31.2 a <sup>1</sup> | 34.32 a              | 8.67 a                | 15.17 a             |
| FHIA-21       | 25.6 ab             | 25.58 ab             | 7.83 a                | 13.50 a             |
| AACV-ROSE     | 20.9 bc             | 22.98 bc             | 6.50 b                | 14.67 a             |
| MACHO         | 15.8 c              | 17.42 c              | 6.33 b                | 8.83 b              |
| C.V.          | 18.68               | 16.68                | 10.11                 | 9.47                |
| Significancia | **                  | **                   | **                    | **                  |

<sup>1</sup> Medias con la misma letra entre columna, son iguales estadísticamente (Tukey, 5%)

Los frutos de la segunda mano de 'FHIA-20' y 'FHIA-21' bajo las condiciones de Republica Dominicana tuvieron una longitud de 24 y 26 cm (Rengifo y Galván, 2004a), mientras que en Cuba Frutos de la primera mano de estos dos materiales alcanzaron 21.57 y 22.67 cm (González *et al.*, 2005), que comparado con la longitud que los frutos de estos cultivares tuvieron en Nayarit, indican que fueron muy similares a los producidos en Dominicana y que superaron ligeramente a los frutos producidos en Cuba a pesar de que los frutos que se evaluaron en Cuba fueron de la primera mano y en Nayarit correspondieron a la segunda mano, este debe considerarse, ya que la longitud de los frutos tiende a disminuir de la primera a la última mano (González, *et al.*, 2005).

En el perímetro del dedo no se encontraron diferencias estadísticas entre los cultivares, aunque existe la tendencia de 'Macho' a tener frutos más gruesos. Rengifo y Galván, (2004b) informaron que en Cuba los frutos de FHIA-20 y FHIA-21 alcanzan grosor de 14.75 y 16.75 cm, respectivamente, lo cual es muy parecido al perímetro que tuvieron los frutos de estos cultivares en Nayarit, que fue de 15.67 y 16.00 cm. Enfocándonos exclusivamente a peso promedio del fruto, tenemos que los frutos del cultivar Macho superaron desde 59.5 hasta 102.5 g., al resto de los cultivares.

**Cuadro 3.** Aspectos de calidad de frutos de cuatro cultivares de plátano sin control de sigatoka negra en Nayarit, México.

| Cultivar      | Longitud del dedo (cm) | Perímetro del dedo (cm) | Peso promedio del fruto (g) |
|---------------|------------------------|-------------------------|-----------------------------|
| FHIA-20       | 25.17 b                | 15.67 a                 | 277.83 ab                   |
| FHIA-21       | 24.17 b                | 16.00 a                 | 262.67 ab                   |
| AACV-ROSE     | 22.17 b                | 15.25 a                 | 234.83 b                    |
| MACHO         | 30.50 a                | 17.00 a                 | 337.33 a                    |
| C.V.          | 10.07                  | 7.30                    | 17.38                       |
| Significancia | **                     | ns                      | *                           |

<sup>1</sup> Medias con la misma letra entre columna, son iguales estadísticamente (Tukey, 5%)

En las variables número de hojas al florecer y al cosechar fueron similares en los cuatro materiales. Rengifo y Galván (2004b) indicaron que 'FHIA-20' y 'FHIA-21' tuvieron al momento de florecer 13.75 y 13.00 hojas y a la cosecha llegaron con 7.75 y 7.25, estos resultados concuerdan mucho con lo encontrado en esta evaluación. Respecto a los daños que sufrieron las plantas por sigatoka negra, se encontraron grandes diferencias entre los cultivares evaluados. 'FHIA-20' y 'FHIA-21' mostraron tolerancia a la enfermedad ya que durante el periodo de evaluación no mostraron síntomas de daños de la enfermedad; mientras que los cultivares Macho y AACV Rose si presentaron daños provocados por el ataque de la sigatoka negra, en estos dos cultivares la hoja más joven enferma fue la 8 y 9 respectivamente (Cuadro 4).

En Nayarit las plantas de los dos cultivares FHIA no tuvieron daños por sigatoka negra, en la primera generación de plantas, aunque la segunda generación ya empezaba a manifestar síntomas del ataque de la enfermedad. En este trabajo se ratificó la tolerancia de los cultivares FHIA a la sigatoka negra, como había sido señalado por diversos investigadores (Rowe, 1998; Rengifo y Galván, 2004a; Wagner *et al.*, 2003)



**Cuadro 4.** Número de hojas a cosecha y hoja más joven enferma de plantas madre de cultivares de plátano sin control de sigatoka negra en Nayarit, México.

| Cultivar      | Hojas al florecer<br>(Número) | Hojas al cosechar<br>(Número) | HMJE <sup>2</sup> |
|---------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------|
| FHIA-20       | 13.67 a                       | 6.33 a                        | -                 |
| FHIA-21       | 13.83 a                       | 7.83 a                        | -                 |
| AACV-ROSE     | 12.00 a                       | 6.17 a                        | 8                 |
| MACHO         | 13.83 a                       | 5.17 a                        | 9                 |
| C.V.          | 9.92                          | 29.77                         |                   |
| Significancia | ns                            | ns                            |                   |

<sup>1</sup> Medias con la misma letra entre columna, son iguales estadísticamente (Tukey, 5%)

<sup>2</sup> Hoja más joven enferma.

## CONCLUSIONES

- 1.- El vigor de las plantas fue similar en los cuatro cultivares.
- 2.- Todos los cultivares introducidos superaron en peso del racimo al testigo regional de un 32 a un 97%. El cultivar FHIA-20 tuvo los racimos más pesados y el cultivar Macho tuvo los racimos con menor peso.
- 3.- Los cultivares FHIA fueron tolerantes y AACV Rose y Macho más sensibles a la sigatoka negra.
- 4.- Los cultivares FHIA por su alta producción y tolerancia a la enfermedad son una opción viable para los productores de plátano del estado de Nayarit.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Fondo Mixto de Fomento a la Investigación Científica y Tecnológica CONACyT - Gobierno del Estado de Nayarit" y a la Fundación Produce Nayarit, A. C., el financiamiento para realizar el presente trabajo bajo el proyecto de Introducción y evaluación de cultivares de plátano tolerantes a sigatoka negra y transformación genética del plátano con clave NAYARIT-2003-C01-9403. Así también se agradece el apoyo brindado al Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología del Estado de Nayarit (COCyTEN)

## BIBLIOGRAFIA.

1. Dzomeku, B. M., Banful, B., Ankoma, A. A. Yeboah, D. y Darkey, S. K. 2000. Evaluación multisitio de híbridos de la FHIA-en Ghana. Infomusa 9(1):20-22.
2. González, D. L., Hernández, E. M.A., Rodríguez, M. S., Armario, A. D., Ramírez, P. T., Simó, G. J., González, R. J., Triana, M. O., de la Nuez, F. A., Hernández, R. E., Oliva, V. M., MÉNDEZ, a., Fernández, M.J., Ortega, O. A., Portieles, M. J. y Cabrera, T. L. 2005. Comportamiento productivo de 5 clones bajo el estudio de tres densidades de población. www.urbes.ucf.edu.cu.
3. Krauss, U., Soberanis, W. and Jarra, J. 2001. Evaluation of FHIA hybrid in comparison with local Musa clones in a black sigatoka-free area of eastern peru. Infomusa 10(1): 21-24.
4. Orellana, P. P., Bermúdez, C.I., García, R. L. y Veitía, R. N. 2002. Evaluación de características agronómicas en clones híbridos de plátano (*Musa spp.*) Infomusa 11(1): 24-25.
5. Orozco, R. J.; Medina U. V. M. y Becerra, R. S. 1993. Guía para producir plátano en la zona Costera de Colima, Michoacán y Jalisco. Folleto para productores No. 2. SARH-INIFAP-CIPAC. 25 p.
6. Orozco, S. M., Farias, L. J. and Vázquez, V. V. 1996. La cercosporiose noire (*Mycosphaerella fijiensis*) dans l'ouest du Mexique. Black sigatoka 8 *Mycosphaerella fijiensis* of bananas in the west of Mexico. INFOMUSA 5(1):23-26.
7. Orozco, S. M., Farias, L. J., Manzo, S. G. y Guzmán, G. S. 2001. La sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) en México. Infomusa 10(1):33-37.
8. Ramírez, S.G., De la Cruz, P. F., Flores, R. A. y Rodríguez, C. J.C. 2004. Evaluación de germoplasma mejorado de plátano y banano en Tabasco, México. XVI Reunión Internacional de ACORBAT 2004. Oaxaca, México. 26 de Sept. al 1 de Oct. De 2004. Publicación Especial. p 268.
9. Rengifo, D. y Galván, E. 2004a. Evaluación de clones de plátano comerciales e introducidos tolerantes a sigatoka negra. En: Musaceas resultados de investigación. IDIAF. Republica Dominicana. pp 1-10.
10. Rengifo, D. y Galván, E. 2004b. Evaluación de híbridos élites de plátano tolerantes a sigatoka negra. En: Musaceas resultados de investigación. IDIAF. Republica Dominicana. pp 19-26.
11. Rowe, P. R. 1998. Latest development in the FHIA banana and plantain breeding program: Bred hybrid are now grown commercially. In: Giraldo, C.M.J., Belalcazar, S.L., Cayon, S.D.B. Botero, I.R.G. Eds. Memorias del Seminario Internacional sobre producción de plátano. 4-8 de Mayo de 1998. p 92.
12. SAGARPA, 2005. Avances de los cultivos establecidos en Nayarit. Ciclo 2004.
13. Wagner, M., Surga, G., Marín, C., Medina, G., Belloso, M., Delgado, A., y Dorantes, I. 2003. Adaptabilidad de cultivares FHIA (*Musa spp.*) bajo condiciones de riego. Biagro 15(2):143-146.



## DETECCIÓN DE LA VARIABILIDAD GENÉTICA EN SOMACLONES DE BANANOS Y PLÁTANOS

### DETECTION OF GENETIC VARIABILITY IN SOMACLONES OF BANANAS AND PLANTAIN

María Isabel Román<sup>1</sup>; Clara González<sup>2</sup>; Xonia Xiqués<sup>2</sup>; Maruchi Alonso<sup>2</sup>; Francisco Dueñas<sup>2</sup>; Miguel Hernández<sup>1</sup>; Lianet González<sup>1</sup>; Teresa Ramírez<sup>1</sup>; Marilyn Valdés<sup>2</sup>; Alejandro Rojas<sup>2</sup> & Leneidy Pérez<sup>2</sup>.

### RESUMEN

Se realizó la caracterización citogenética, genético-bioquímica y molecular de somaclones de bananos y de plátanos, obtenidos en el Instituto de Investigaciones en Viandas Tropicales (INIVIT) de Santo Domingo, Villa Clara. El estudio citogenético del material analizado mostró la presencia en los somaclones de 33 cromosomas para los bananos y sólo el somaclon S8 mantuvo el número cromosómico de  $2n=4x=44$  de su clon donante 'FIHA 18'. El somaclon S7 presentó un mosaico cromosómico, pues se detectaron células con  $2n=2x=22$  y células con  $2n=3x=33$  cromosomas, respectivamente. Para los plátanos pudo observarse que sólo el somaclon INIVIT 1 mantuvo el número de cromosomas de  $2n=4x=44$  de su clon donante 'FHIA 21'. En el somaclon INIVIT 2 se determinó la presencia de células con  $2n=3x=33$  cromosomas. Los resultados obtenidos en los sistemas isoenzimáticos empleados en este estudio han revelado diferencias entre los clones donantes y sus somaclones para algunos sistemas y diferencias en bandas propias que denotan las diferencias en el material. Existen bandas que identifican a los materiales procedentes de bananos y a los plátanos, se observa que en el material tetraploide hay un mayor número de bandas. Estos resultados coinciden con los estudios moleculares realizados.

**Palabras Claves:** Cromosomas, isoenzimas, marcadores moleculares, variación somaclonal.

### SUMMARY

Cytogenetically, genetic-biochemical and molecular markers were used in donors clones and the somaclonal variant of bananas and plantains obtained in the Institute de Investigations en Viands Tropicales of Cuba. The studies showed differences between donors' clones and its somaclones. Several molecular bands discriminated the material. New accessions were determinate.

**Keywords:** Chromosomes, isoenzymes, molecular markers, somaclonal variation

### INTRODUCCIÓN

La variación somaclonal es un fenómeno común en clones micropropagados de bananos y plátanos (*Musa* spp.). La detección temprana de estas variantes es importante en la micropropagación comercial o para establecer métodos con el fin de propiciar la variabilidad en el mejoramiento de este cultivo, por lo que diferentes autores, han comparado las variantes morfológicas obtenidas por cultivo *in vitro* con el donante, ya que se conoce que una alta frecuencia de los cambios encontrados en las plantas regeneradas son heredables Vuylsteke, (2001) En el Instituto de Investigaciones en Viandas Tropicales (INIVIT) de Santo Domingo, Villa Clara, Cuba, se han detectado diferentes variantes somaclonales dentro del género *Musa*, por lo que el objetivo del presente trabajo fue el empleo combinado de los estudios citogenéticos, isoenzimáticos y moleculares, para el estudio de la variabilidad en los somaclones y sus donantes, con vistas a lograr una selección efectiva en el mejoramiento de este cultivo.

### MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó una caracterización genética de las variantes somaclonales de bananos y plátanos y sus clones donantes. Se determinó el número de cromosomas, por el conteo de 20 células para cada material, a partir del método descrito por Román, *et al*, (1997). Los análisis electroforéticos se realizaron en gel de poliacrilamida (PAGE) al 10% y un sistema de buffer discontinuos, para los sistemas isoenzimáticos peroxidasa, polifenoloxidasas, esterasas y anhidrasa

<sup>1</sup> Instituto Investigaciones en Viandas Tropicales (INIVIT).

<sup>2</sup> Facultad de Biología, Universidad de la Habana

carbónica. Se establecieron los fenotipos isoenzimáticos sobre la base del número y posición de cada banda. Se realizó el análisis del polimorfismo molecular, mediante la metodología descrita por Rhode, (1996).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del estudio citogenético para los bananos mostró que sólo el somaclon S8 mantuvo el número cromosómico de  $2n=4x=44$  cromosomas del clon donante 'FHIA 18' los que demostraron la condición tetraploide de este material. En los somaclones S1, S2, S3, S4 y SR se observaron cambios en el nivel de ploidía, ya que se determinó la presencia de  $2n=3x=33$  cromosomas, lo cual los hace materiales triploides de acuerdo al número básico de ( $x=11$ ) reportado para el género *Musa* spp. El somaclon S7 presentó un mosaico cromosómico, pues se detectaron células con  $2n=2x=22$  cromosomas (diploides) y  $2n=3x=33$  cromosomas (triploides) respectivamente. La existencia de mosaicos cromosómicos han sido referidos por García *et al.*, (2002) en la micropropagación acelerada de clones del género *Musa*, lo cual crea una inestabilidad genética en los materiales que se obtienen. Para los somaclones de plátanos pudo observarse que sólo el somaclon INIVIT 1 mantuvo el número de cromosomas de  $2n=4x=44$  cromosomas de su clon donante 'FHIA 21'. En el somaclon INIVIT 2 se observaron cambios en el nivel de ploidia, ya que se determinó la presencia en sus células de  $2n=3x=33$  cromosomas, lo cual lo hace un somaclon triploide. La información obtenida en este trabajo es fundamental para realizar una mejor caracterización de los materiales obtenidos por esta vía de propagación y puedan ser incluidos como nuevas accesiones al Banco de Germoplasma del género *Musa*.

Los sistemas isoenzimáticos estudiados (esterasas, anhidrasa carbónica, peroxidasas, polifenoloxidasas) permitieron diferenciar a los somaclones entre ellos y con respecto al clon donante de bananos 'FHIA 18', ya que mostraron patrones de bandas característicos para cada uno de ellos en los sistemas isoenzimáticos. El somaclon S7 fue el que más se diferenció del resto de los somaclones ya que presentó el mayor polimorfismo.

**Tabla 1. Análisis cuantitativo de los zimogramas del clon donante de bananos 'FHIA 18' y los somaclones analizados.**

| Sistema enzimático.  | Total de loci. | Total de bandas. | Total de bandas propias. | X de alelos por locus. | Total de loci polimórficos. | % de loci polimórficos. |
|----------------------|----------------|------------------|--------------------------|------------------------|-----------------------------|-------------------------|
| Peroxidasas.         | 4              | 10               | 4                        | 2.25                   | 2                           | 50                      |
| Polifenoloxidasas.   | 6              | 9                | 2                        | 1.5                    | 1                           | 16                      |
| Anhidrasa Carbónica. | 6              | 10               | 4                        | 1.66                   | 4                           | 66                      |
| Esterasas.           | 3              | 7                | 4                        | 2.33                   | 2                           | 66                      |
| Total.               | 19             | 36               | 14                       | 7.74                   | 9                           | 47.36                   |

Los resultados cuantitativos obtenidos para estas isoenzimas en los bananos, muestra una heterogeneidad media, ya que de 36 bandas analizadas, el 47.36% fueron polimórficas. Las esterasas y las anhidrasa carbónica resultaron ser los sistemas más polimórficos, presentando ambas un 66% de polimorfismo, seguida de las peroxidasas con un 50%, lo cual corrobora su uso en la detección de la variabilidad genética para especies, clones, híbridos y somaclones del género *Musa*. El sistema polifenoloxidasa presentó un bajo porcentaje de polimorfismo, sólo del 16% y esta baja heterogeneidad fue debido al gran número de bandas comunes entre el clon donante y los somaclones ya que, las diferencias entre ellos están dadas por la ausencia de banda y la presencia de otras en el S7.

El dendrograma confeccionado con el índice de similitud de Dice, para el clon donante de bananos 'FHIA 18' y los somaclones analizados teniendo en cuenta los cuatro sistemas isoenzimáticos se presenta en la Figura 1.

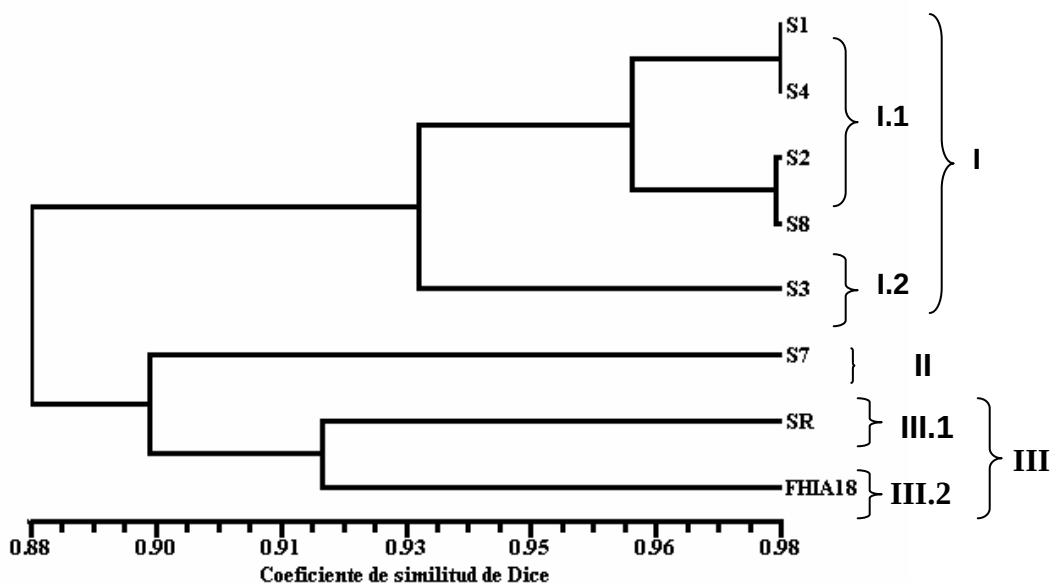


Figura 1. Dendrograma obtenido mediante el análisis de Conglomerados (*Cluster*) de los resultados de los sistemas isoenzimáticos para el clon donante de bananos 'FHIA 18' y los somaclones caracterizados.

En el análisis de conglomerados (*Cluster*) se mostró que con un 94% de similitud se formaron cuatro grupos.

El primer grupo presentó dos subgrupos con un valor de similitud elevado (96%) entre los somaclones, S1, S4, S2 y S8, resultado que se evidenció en la similitud establecida en el número de bandas y posición de las mismas, en los análisis de cada sistema isoenzimático. En el otro subgrupo se encontró el somaclon S3, el cual se diferenció de estos somaclones por presentar un número de bandas propias más que no se presentaron en los somaclones anteriores.

En el segundo grupo se ubicó el somaclon S7, lo cual puede explicarse por el mosaico cromosómico encontrado en el estudio de su cariotipo, ya que hace posible la expresión de bandas diferentes en los electroforetogramas de cada sistema isoenzimático, hecho que determina que se encuentre separado del clon donante y de los demás somaclones.

El tercer grupo estuvo constituido por dos subgrupos. En el primero de ellos se encuentra el somaclon SR y en el segundo el clon donante de bananos 'FHIA 18', los cuales presentaron diferencias desde el punto de vista genético.

Los resultados obtenidos en los sistemas isoenzimáticos para los plátanos mostraron una baja variabilidad, ya que del total de bandas analizadas, solo el 27.27% de ellas fueron polimórficas y estuvieron mayormente representadas en los sistemas esterasas y peroxidosas, lo que corrobora el uso de los mismos en la determinación de la variabilidad genética dentro del género *Musa*.

Tabla 2. Análisis cuantitativo de los zimogramas del clon donante de plátanos 'FHIA 21' y sus variantes somaclonales.

| Sistema enzimático.  | Total de Loci. | Total de bandas. | Total de bandas propias. | X de alelos por locus. | Total de loci polimórficos. | % de loci polimórficos. |
|----------------------|----------------|------------------|--------------------------|------------------------|-----------------------------|-------------------------|
| Peroxidasas.         | 4              | 9                | 3                        | 2.25                   | 2                           | 50                      |
| Polifenoloxidasas.   | 7              | 9                | 1                        | 1.28                   | 1                           | 14.28                   |
| Anhidrasa Carbónica. | 7              | 10               | 1                        | 1.42                   | 1                           | 14.28                   |
| Esterasas.           | 4              | 7                | 3                        | 2                      | 2                           | 50                      |
| Total.               | 22             | 36               | 8                        | 6.95                   | 6                           | 27.27                   |

Los sistemas polifenoloxidasas y anhidrasa carbónica presentaron un bajo polimorfismo, lo cual se debe a las afinidades genéticas existentes entre los clones donantes y los somaclones de estudio. El dendrograma confeccionado con el índice de similitud de Dice, para los sistemas isoenzimáticos analizados, del clon de plátanos 'FHIA 21' con sus variantes somaclonales se muestra en la Fig. 2.

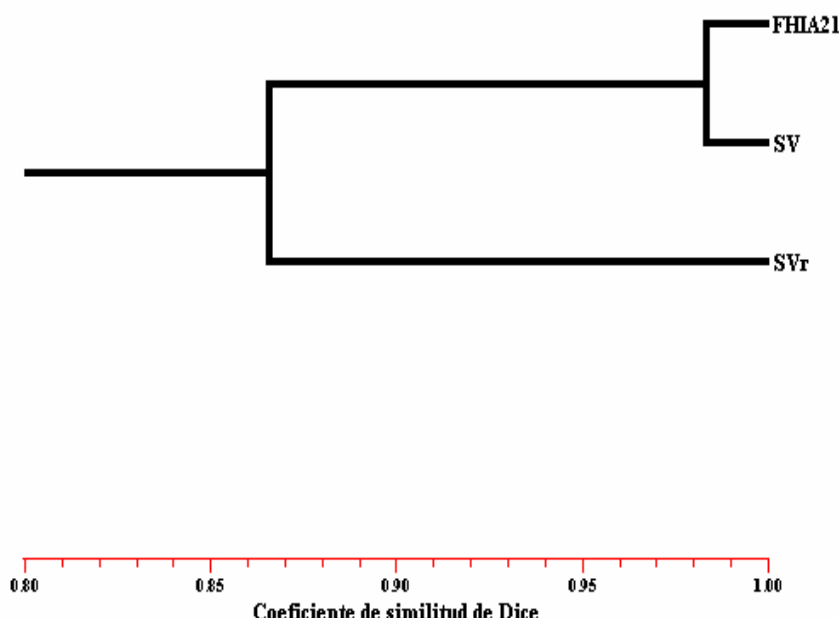


Fig. 2. Dendrograma obtenido mediante el análisis de Conglomerados (Cluster) de los resultados de los sistemas isoenzimáticos para el clon donante de plátanos 'FHIA 21' y sus variantes somaclonales (SV= INIVIT 1, SVr= INIVIT 2).

En el análisis de conglomerados (*Cluster*) se mostró que con un 88% de similitud se formaron dos grupos.

En el grupo I con un porcentaje de similitud elevado (98%) se encuentran el clon donante de plátanos 'FHIA 21' y el somaclon SV, los que solo presentaron diferencias genéticas en el sistema esterasas.

En el grupo II aparece somaclon SVr, por las diferencias detectadas en los análisis citogenéticos y genéticos-bioquímicos.

El estudio genético-bioquímico junto al citogenético, permitieron caracterizar a las variantes somaclonales y detectar que son diferentes al clon que les dio origen. Los sistemas analizados son marcadores útiles para detectar la diversidad genética en el género *Musa*. Reviste una gran importancia haber caracterizado y demostrado que las variantes somaclonales son diferentes a los donantes, lo que permite incorporarlos como nuevas accesiones al Banco de Germoplasma del género *Musa* para ampliar la diversidad genética del cultivo.

Al evaluar las diferentes combinaciones de los cebadores empleados en la Técnica de Secuencias Invertidas Repetidas (ISTR) basada en la PCR (*Polymerase Chain Reaction*) se obtuvo polimorfismo en las tres combinaciones de cebadores ensayados (F1A/B2A, F2/B2B y F3/B3). Se encontraron bandas de 2000, 1200, 800, 400, 200 y 100 pb, lo cual indica que estas combinaciones fueron correctas para el estudio al aplicar esta técnica.

Mediante la combinación F1A/B2A se obtuvieron los mejores resultados para la detección del polimorfismo en el clon donante de bananos FHIA 18 y las variantes somaclonales analizadas, mientras la combinación F2/B2B se obtuvieron los mejores resultados para la detección de polimorfismo en el clon donante de plátanos FHIA 21 y sus variantes somaclonales.

Estos resultados fueron similares tanto al aplicar los productos de la PCR en geles de agarosa como en poliacrilamida. Los mismos corroboran las variaciones observadas en los clones donantes y sus somaclones, lo cual ya se infería de los estudios isoenzimáticos, debido a que presentan idénticos dendrogramas.

Los resultados obtenidos corroboran la importancia y validez de esta técnica en este cultivo, ya que permitió caracterizar a estos somaclones de bananos y plátanos y determinar que se tratan de nuevas accesiones. De esta forma se recomienda el empleo de la técnica de ISTR para otras materiales del género *Musa* y de otros géneros de interés para el país.

## CONCLUSIONES

Se pone de relieve la necesidad de abordar el estudio de nuevos somaclones, empleando métodos citogenéticos y moleculares, ya que permiten caracterizar las nuevas accesiones dentro de los programas de mejoramiento genético en el género *Musa*.

## BIBLIOGRAFIA

1. García, L., R.; P.J. Bermúdez. P: P. Orellana. N.R. Vertías. L. R. García. Y.M. Padrón. C.Q. Romero. 2002. Estudio comparativo de la variabilidad producida por la inducción de mutaciones y el cultivo de tejidos en banano (*Musa* spp) Cv "Gran Naine". Infomusa 11(2):4-6.
2. Román, M. I.; A. Rodríguez; X. Xiqués; C. González; A. Rayas. (1997). Biología. Vol. 11(1):61-70.
3. Rhode, W. (1996). J. Genetic and Breed. 20: 249-261.
4. Vuylsteke, D. 2001. In Agricultural and Applied Biological Sciences. 213pp.

## DIVERSIDADE GENÉTICA DE GERMOPLASMA DE *Musa* DA EPAGRI USANDO MARCADORES RAPD

### GENETIC DIVERSITY OF *Musa* GERMPLASM FROM EPAGRI USING RAPD MARKERS

Fernando A. Tcacenco<sup>1</sup>; Kaira S. Pauli<sup>2</sup>; Maycon E. Nicoletti<sup>1,3</sup>; Fátima T. Rampelotti<sup>1</sup>, Anderson Ferreira<sup>1</sup> & Luiz A. Lichtemberg<sup>4</sup>

#### RESUMO

Com a finalidade de se avaliar preliminarmente a variabilidade genética de acessos de bananeira do Banco de Germoplasma da Epagri, bem como validar o uso de técnicas moleculares para esse objetivo, 13 cultivares de bananeira pertencentes aos grupos genômicos AA (Ouro); AAA (Nam, Roxa, Grande Naine, Nanicao Corupá); AAB (EX-033, Enxerto, Prata Zulu, Maça anã); AAAB (FHIA 21, FHIA 1, Maça Bahia); e ABB (Figo) foram analisadas através de 30 marcadores RAPD polimórficos. Para as reações, utilizaram-se quatro iniciadores (OP F2, OP F4, OP F7 e OP R7). Dados de presença/ausência de bandas foram submetidos a análise de conglomerados utilizando o coeficiente de Jaccard e o procedimento aglomerativo UPGMA. Os resultados evidenciaram um alto nível de diversidade entre os acessos, e uma clara correlação entre os grupos formados e a constituição genética das cultivares. Uma banda de 1.500 pb, obtida a partir do iniciador OP F7, foi exclusiva do genoma B. Análises posteriores deverão englobar o restante da coleção de germoplasma, bem como as relações entre os agrupamentos gerados e características morfológicas.

Palavras-Chave: marcadores moleculares, grupo genômico, RAPD

#### SUMMARY

A set of 13 cultivars belonging to the AA (Ouro), AAA (Nam, Roxa, Grand Naine, Nanicao Corupá), AAB (EX-033, Enxerto, Prata Zulu, Maça Anã), AAAB (FHIA 1, FHIA 21, Maça Bahia) and ABB (Figo) groups from the Germplasm Bank from Epagri, Itajaí, Brazil, was screened using 30 RAPD polymorphic markers generated from four random primers (OP F2, OP F4, OP F7 and OP R7). Data from presence/absence of bands were subjected to cluster analysis using the Jaccard coefficient and the agglomerative procedure UPGMA. The results showed a high level of diversity among the accessions, and moreover a clear correlation between the groups formed and the genetic constitution of the cultivars. A band of 1.500 bp generated from the primer OP F7 was exclusive of the B genome. Further analyses should address the remaining of the germplasm collection, as well as relationships between the groupings and other genetic and morphological characters.

Keywords: molecular markers, genomic group, RAPD.

#### INTRODUÇÃO

A banana é uma das culturas de maior expressão no mundo, e em Santa Catarina contribui expressivamente para a renda agrícola, sendo cultivada por aproximadamente 25 mil produtores em 32 mil hectares (Lichtemberg et al., 1998). Vários grupos de pesquisa, em diversos países têm utilizado marcadores moleculares do tipo RAPD, SSR, AFLP, entre outros, como auxiliares na avaliação da diversidade total de suas coleções, bem como na tentativa de se encontrarem marcadores ligados a genes de interesse e para melhor caracterizar acessos individuais, identificando duplicadas e variantes de clones (Menon et al., 2004). Geralmente os acessos investigados originam-se de duas principais espécies diplóides de *Musa*, que caracterizam o genoma A, originado de *M. acuminata* e o genoma B originado de *M. balbisiana*. O grande número de cultivares originadas a partir de cruzamentos entre esses dois grupos genômicos caracteriza a alta diversidade existente entre as cultivares, visto sua poliploidia, resultando num complexo grupo para estudos (Crouch et al.,

<sup>1</sup>Laboratório de Biotecnologia Vegetal, Epagri, Estação Experimental de Itajaí, Caixa Postal 277, CEP 88301-970, Itajaí, SC, e-mail: [tcacenco@epagri.rct-sc.br](mailto:tcacenco@epagri.rct-sc.br);

<sup>2</sup>Bolsista "A Primeira Chance", Governo do Estado de Santa Catarina;

<sup>3</sup>Bolsista do CNPq;

<sup>4</sup>Programa Fruticultura Tropical, Epagri Itajaí, SC.



1999). Diante desse aspecto, os marcadores moleculares têm sido utilizados para buscar o entendimento da origem e caracterização dos diversos acessos hoje existentes.

Visser (2000), ao analisar 37 cultivares de bananeira, encontrou que os agrupamentos formados por marcadores RAPD coincidiram com a composição genômica dos materiais; um dos iniciadores (OP AA13) foi também capaz de diferenciar entre acessos dos genótipos AAB e ABB. Bhat et al. (1995) também utilizaram RAPD a fim de detectar variabilidade genética entre 57 cultivares de *Musa* pertencentes a vários grupos genômicos, e verificaram que os conglomerados obtidos estavam de acordo com a similaridade genômica das cultivares. Além disso, o ancestral diplóide AA (*M. acuminata* sp *malaccensis*) e *M. balbisiana*, posicionaram-se bastante distantes no clado.

Através de marcadores SSR (microsatélites), Oriero et al. (2006) analisaram 40 acessos de bananeira e plátanos originados do genoma B, identificando que acessos de bananeira triplóides são agrupados separadamente daqueles diplóides a 64% de similaridade, e que os acessos de plátano não tendem a se agrupar isoladamente, estando misturados àqueles de bananeira.

Damasco et al. (1996) avaliaram a variação entre cultivares de bananeira do grupo AAA (Cavendish) em condições naturais e micropropagadas, demonstrando que a técnica de RAPD pode ser utilizada para detectar variação genética entre cultivares micropropagadas de bananeiras, bem como na identificação dos mutantes gerados por processos de irradiação, por exemplo. Em adição, Pillay et al. (2000), ao analisarem plantas dos genomas AA e BB, encontraram um marcador genoma-específico, que posteriormente foi utilizado no escrutínio de uma coleção de 40 cultivares, sendo capaz de identificar os diversos grupos genômicos.

A eficiência e confiabilidade do uso de marcadores moleculares para o entendimento das diferenças existentes entre os diversos acessos de bananeiras foram avaliadas por Crouch et al. (1999). Os autores observaram que há diferenças no padrão de diferenciação dos mesmos acessos submetidos a amplificações com marcadores RAPD, AFLP e VNTR.

Estes resultados mostram a utilidade potencial de marcadores moleculares como auxiliares nos programas de introdução e melhoramento genético da cultura da bananeira. Sendo assim, conduziu-se o presente trabalho, para a validação do uso de marcadores RAPD no estudo da variabilidade genética existente entre os acessos do Banco de Germoplasma de Banana da Epagri, bem como o estabelecimento de relações entre os agrupamentos gerados por marcadores moleculares e aqueles gerados por outros dados genéticos e morfológicos.

## MATERIAL E MÉTODOS

Foram avaliadas 13 cultivares de bananeira pertencentes aos grupos genômicos AA (Ouro); AAA (Nam, Roxa, Grand Naine, Nanicao Corupá); AAB (EX-033, Enxerto, Prata Zulu, Maça anã); AAAB (FHIA 21, FHIA 1, Maça Bahia); e ABB (Figo) do Banco de Germoplasma da Epagri.

O DNA foi extraído de uma amostra de 100 mg de folhas de cada cultivar, utilizando-se o protocolo descrito em Pauli et al. (2006). O precipitado obtido foi ressuspensionado em 50  $\mu$ L de tampão TE pH 8,0 e visualizado através de corridas eletroforéticas em géis de agarose 0,8% com 10 mg mL<sup>-1</sup> de brometo de etídio. Os géis foram fotodocumentados e a quantidade de DNA foi determinada através da análise visual em comparação ao marcador  $\lambda$  DNA/Hind III (Invitrogen). O DNA ressuspensionado foi mantido a -20°C até posterior utilização.

Imediatamente antes do uso, realizou-se um tratamento com 2  $\mu$ L de RNase A (20 mg mL<sup>-1</sup>), seguido da precipitação em isopropanol 100%, lavagem com etanol 70% e ressuspensão em 40  $\mu$ L de tampão TE. Para as reações de RAPD fez-se uma diluição de cada amostra em água estéril na proporção 1:10, utilizando-se 1  $\mu$ L dessa diluição por reação de 25  $\mu$ L, com aproximadamente 10 ng de DNA, tampão de PCR, 2,5 mM de MgCl<sub>2</sub>, 5  $\mu$ M de iniciador, 2,5 mM de cada dNTP e 1 U de Taq DNA polimerase (Invitrogen), sendo o restante do volume completado com água ultra pura estéril. Reações sem a inclusão de DNA foram utilizadas como controle negativo.

As reações de amplificação foram conduzidas em termociclador PTC-100 (M. J. Research), utilizando um programa de ciclagem constando de 1 ciclo a 94°C por 3 min; 40 ciclos de 92°C por 1 min, 35°C por 1 min e 72°C por 2 min; e uma extensão final a 72°C por 5 min. Para as reações, utilizaram-se quatro iniciadores (OP F2, OP F4, OP F7 e OP R7). Os produtos de cada reação foram visualizados em corridas de eletroforese em gel de agarose 1,5% corados com 10 mg mL<sup>-1</sup> de brometo de etídio. Os resultados foram observados em um transiluminador com luz ultravioleta e fotodocumentados conforme descrito acima.

A análise dos resultados foi realizada através da observação da presença e ausência de bandas entre as cultivares estudadas; apenas bandas fortes e consistentes foram consideradas.

Esses dados geraram uma matriz binária que permitiu calcular o índice de similaridade de Jaccard, que foi utilizado para a análise de conglomerados pelo método da média aritmética não ponderada (UPGMA) no programa NTSYS-pc versão 2.1 (Rohlf, 2000).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os quatro iniciadores utilizados geraram um total de 36 bandas, sendo 30 polimórficas. Os fragmentos gerados variaram de 300 a 2.500 pb, com relação ao marcador de 100 pb (Invitrogen). A figura 1 ilustra os resultados obtidos neste trabalho.

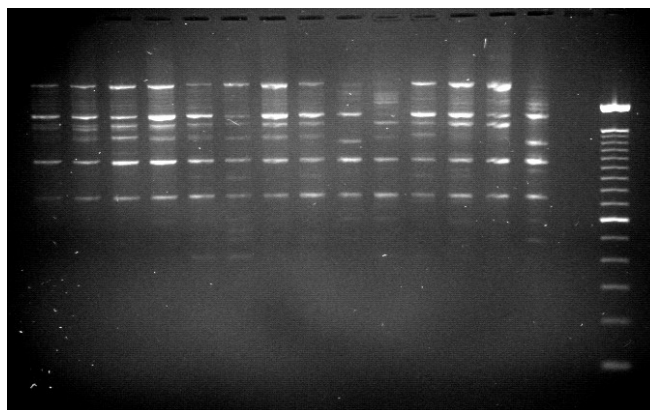


Figura 1. Eletroforese de produtos de RAPD para diferentes cultivares de bananeira em gel de agarose 1,5% corados com  $10 \text{ mg mL}^{-1}$  de brometo de etídio. A última coluna à direita refere-se ao marcador de peso molecular de 100 pb (Invitrogen).

Analisando-se a frequência das bandas para cada grupo genômico, observou-se a ocorrência de uma banda de 1.500 pb, gerada pelo iniciador OP F7, que ocorreu exclusivamente nas cultivares do grupo genômico B.

A similaridade genética estimada para as 13 cultivares de bananeira está demonstrada na Figura 2. Com aproximadamente 50% de similaridade ficou evidenciada a separação entre cultivares exclusivamente com o grupo genômico A (AA e AAA) das cultivares portadoras de pelo menos uma cópia do grupo genômico B (AAB, AAAB e ABB).

Dentre as cultivares do grupo genômico A, observou-se que a cultivar Nanicao Corupá, que é uma mutante natural encontrada no município de Corupá, Santa Catarina, em lavoura da cultivar Nanicao, foi a que mais diferiu das demais cultivares desse grupo genômico. Estudos posteriores deverão comparar esse mutante com a cultivar que lhe deu origem, para elucidar a magnitude da mutação ocorrida.

Dentre as cultivares portadoras do genoma B, EX-033 e FHIA 21 foram as mais similares (80%); a 70% de similaridade, observou-se o agrupamento da cultivar Enxerto com essas duas. É interessante ressaltar que a cultivar EX-033 é um mutante natural encontrado no município de Santa Rosa do Sul, em Santa Catarina, em lavoura da cultivar Enxerto, e seria de se esperar uma similaridade maior entre esta e a cultivar de origem; no entanto, FHIA 21, uma cultivar do grupo Terra, mostrou-se mais similar a EX-033 do que a própria Enxerto.

Ainda com relação às cultivares portadoras do genoma B, observou-se uma separação das cultivares Prata Zulu e Maça Anã das demais, a um nível de aproximadamente 45% de similaridade. Novamente merece ser ressaltado que Maça Anã apresenta maiores similaridades morfológicas com a cultivar Maça Bahia, tendo, no entanto, posicionado-se separadamente da mesma.

Os resultados deste trabalho, embora preliminares, foram capazes de identificar uma clara separação entre cultivares que apresentam pelo menos uma cópia do genoma B daquelas cultivares que apresentam exclusivamente o genoma A. Provavelmente o aumento do número de iniciadores levará a um maior número de polimorfismos detectáveis através da técnica RAPD, melhorando assim a consistência dos dados.

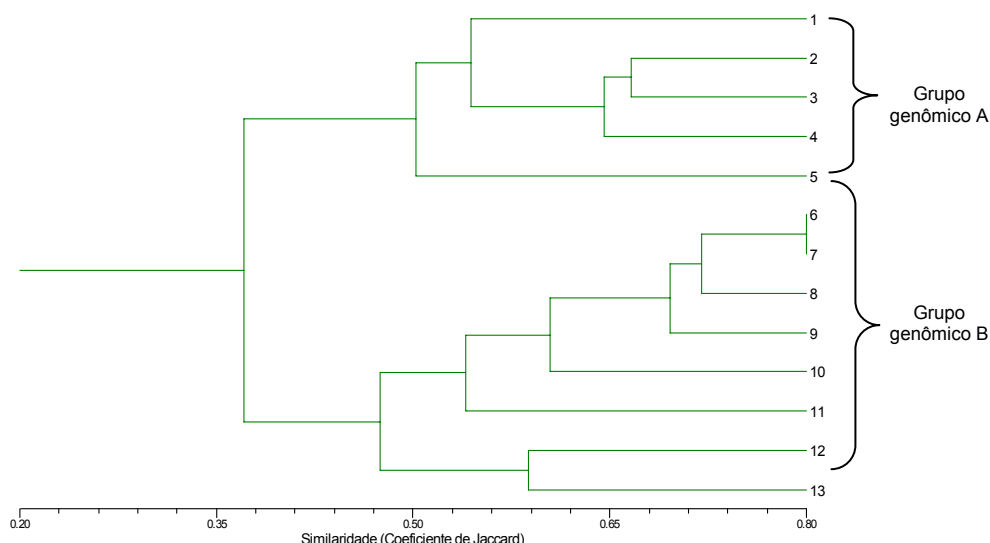


Figura 2. Dendrograma de 13 cultivares de bananeira do Banco de Germoplasma da Epagri. 1- Ouro (AA); 2- Nam (AAA); 3- Roxa (AAA); 4- Grand Naine (AAA); 5- Nanicão Corupá (AAA); 6- EX-033 (AAB); 7- FHIA 21 (AAAB); 8- Enxerto (AAB); 9- FHIA 1 (AAAB); 10- Maçã Bahia (AAAB); 11- Figo (ABB); 12- Prata Zulu (AAB); 13- Maçã anã (AAB). O coeficiente de Jaccard foi calculado usando a frequência alélica de marcadores RAPD, e o dendrograma foi gerado pelo método da média aritmética não-ponderada (UPGMA).

## CONCLUSÕES

1. Todos os iniciadores utilizados mostram polimorfismo para as cultivares estudadas, e os grupos genômicos A e B ficam bem separados.
2. As cultivares que obtiveram maior separação estão no grupo B e são Prata Zulu e Maçã Anã.
3. Apesar de ser mutante da Enxerto, EX-003 mostra maior similaridade com a cultivar FHIA 21 do que com a sua cultivar de origem.

## BIBLIOGRAFIA

1. Bhat, K.V., Jarret, R.L., Rana, R.S. DNA profiling of banana and plantain cultivars using random amplified polymorphic DNA (RAPD) and restriction fragment length polymorphism (RFLP) markers. *Electrophoresis*, v. 16, n. 9, p. 1736-1745, 1995.
2. Crouch, J.H., Crouch, H.K., Constandt, H., Van Gysel, A., Breyne, P., Van Montagu, M., Jarret, R.L., Ortiz, R. Comparisom of PCR-based molecular marker analyses of Musa breeding polpulations. *Molecular Breeding*, v. 5, p. 233-244, 1999.
3. Damasco, O.P., Graham, G.C., Henry, R.J., Adkins, S.W., Smith, M.K., Godwin, I.D. Random amplified polymorphic DNA (RAPD) detection of dwarf off-types in micropropagated Cavendish (*Musa* spp. AAA) bananas. *Plant Cell Reports*, v. 16, p. 118-123, 1996.
4. Lichtemberg, L.A., Miranda, M., Malburg, J.L., Sacknies, R.G., Peixoto, A.N. Situação da bananicultura na Região Sul do Brasil. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE BANANICULTURA, 4., 1998, Campo Grande, MS, Anais... Jaboticabal: FCAV-Unesp/Funep, 2001. p. 66-96.
5. Menon, R., Sunny, K.M., Badu, T.D., Nazeem, P.A., Keshavachandran, R. Genetic diversity of cultivars from southern India using RAPD markers. In: International Congresso on Musa: Harnessing research to improve livelihoods. Penang, Malaysia, 2004. p. 6-7.
6. Oriero, C.E., Odunola, O.A., Lokko, Y., Ingelbrecht, I. Analysis of B-genome derived simple séquense repeat (SSR) markers in *Musa* spp. *African Journal of Biotechnology*, v. 5, n. 2, p. 126-128, 2006.
7. Pauli, K.S., Born, F., Nicoletti, M.E., Ferreira, A., Tcacenco, F.A. Otimização de protocolos de extração de DNA de bananeira para estudos de diversidade genética de bancos de germoplasma. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência, 56, Florianópolis, SC, 2006 (apresentado).
8. Pillay, M., Nwakanma, D.C., Tenkouano, A. Identification of RAPD markers linked to A and B genome sequences in *Musa* L. *Genome*, v. 43, n. 5, p. 763-767. 2000.
9. Rhoif, F. J. NTSYS-pc: Numerical Taxonomy and Multivariate Analysis System, version 2.0 Exeter Software Setauket, New York, 1993.
10. Visser, A.A. 2000. Characterization of banana and plantain using random amplified polymorphic DNA markers. *Acta Hort.*, v. 540, p. 113-123

## EVALUACIÓN DE SELECCIONES LOCALES DE 'PEQUEÑA ENANA' (*Musa acuminata* Colla, AAA, Subgrupo Cavendish) EN LAS ISLAS CANARIAS

## EVALUATION OF LOCAL 'DWARF CAVENDISH' SELECTIONS (*Musa acuminata* Colla, AAA, subgroup Cavendish) IN THE CANARY ISLANDS

Juan Cabrera Cabrera<sup>1</sup> & Victor Galán Saúco<sup>2</sup>

### RESUMEN

Durante los últimos años se ha llevado a cabo en las Islas Canarias un importante trabajo de selección y evaluación de material vegetal de platanera del subgrupo Cavendish, con especial referencia a las selecciones locales de 'Pequeña Enana'. Los resultados obtenidos manifiestan notables diferencias en los distintos parámetros analizados, tanto morfológicos, fenológicos como productivos para las distintas selecciones.

Palabras Clave: mejora, platanera, banano, cultivares, subtrópicos

### SUMMARY

During recent years an important selection and evaluation work on the banana Cavendish subgroup has been undertaken in the Canary Islands with special emphasis in 'Dwarf Cavendish' local selections. Results indicate relevant significant differences among selections on morphological, phenological and productive traits.

Keywords: mutants, varieties, phenology

### INTRODUCCIÓN

Desde finales del s. XIX, en que se inició el cultivo de la platanera hasta finales de los años 80 del s. XX, la 'Pequeña Enana' fue el único cultivar comercialmente plantado en Canarias. A partir de esa década distintos trabajos de evaluación varietal de material foráneo y la introducción de la propagación por cultivo "in vitro", posibilitaron la implantación de otros cultivares del subgrupo Cavendish, particularmente 'Gran Enana' (Galán Saúco et al., 1998). De forma paralela se iniciaron trabajos de selección y evaluación de material local con la participación activa de los productores en la identificación del mismo, así como del apoyo de la empresa CULTESA (Cultivos in vitro de Tenerife, SA) en su posterior propagación. Se presentan datos de la evaluación comparativa en campo de algunas de estas selecciones incluyendo los cultivares previamente evaluados 'Zelig' y 'Gruesa' (Cabrera Cabrera J. y Galán Saúco, V. 2006), este último ya ampliamente cultivado en Canarias. El presente estudio se inició en el año 2000 sirviendo como base para la elaboración de tres Proyectos de Graduación en la Escuela Superior de Ciencias Agrarias de La Universidad de la Laguna (Melián González E. 2002; Hernández Méndez M. 2003; Luis Pacheco, J.M. 2005) bajo la dirección de los autores de este trabajo.

### MATERIALES Y MÉTODOS

Los ensayos se efectuaron bajo invernadero en la finca La Laja, Buenavista, Tenerife, Islas Canarias. 28°, 23' latitud Norte a 40 m de altitud. Se evaluaron durante 3 ciclos productivos las selecciones locales, próximas a 'Pequeña Enana', 'Brier', 'Gruesa', 'Laja', 'Retaca', 'Palmerita', 'Ricasa', junto al cultivar 'Zelig', selección israelita próxima a 'Gran Enana' (ensayo 1). Asimismo se evaluaron durante 2 ciclos productivos las selecciones locales 'San Marcos', 'Lito', 'Don Benito', 'Feliciano' y 'Ana Roberta', selección proveniente de Cabo Verde, próxima a 'Gran Enana', (ensayo nº2).

<sup>1</sup> Investigador, e-mail: [jcabrera@icia.es](mailto:jcabrera@icia.es)

<sup>2</sup> Investigador e-mail: [vgalan@icia.es](mailto:vgalan@icia.es). Departamento de Fruticultura Tropical, Instituto Canario de Investigaciones Agrarias, (ICIA) Apartado 60 - 38200. La Laguna (Tenerife). España.

Todo el material fue propagado por cultivo "in vitro" salvo el cultivar Laja que también lo fue a partir de hijos de la propia explotación donde se realizó el ensayo.

El seguimiento se efectuó sobre un mínimo de plantas útiles por selección 16 para el ensayo nº1 y 5 para el ensayo nº2. La toma de datos morfológicos, fenológicos y productivos se realizó siguiendo la metodología empleada en ensayos anteriores en evaluación de cultivares (Galán Saúco et al., 1998)

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En las tablas 1 y 2 se muestran los principales parámetros evaluados así como los valores más significativos obtenidos durante estos estudios. Debe destacarse que se presentaron diferencias significativas entre las distintas selecciones en gran número de caracteres lo que permite discriminarlos claramente basándose en diferencias morfológicas, fenológicas o productivas. A continuación se discuten algunos aspectos de especial relevancia.

Las diferencias en altura entre cultivares según ciclos dentro de un mismo cultivar son normales ya que la altura es función de la distancia entre nudos y ésta a su vez depende de las condiciones de temperatura, particularmente variable en condiciones subtropicales, incluso dentro de invernadero. Como en otros estudios realizados en Canarias (Cabrera Cabrera y Galán Saúco, 2006) destaca el mayor grosor del cultivar 'Gruesa' frente a los restantes cultivares, clara justificación de su nombre. Debe destacarse que los distintos cultivares conservan, a grandes rasgos, la relación altura/grosor en los distintos ciclos estudiados, lo que se explica dado que este parámetro es uno de los utilizado como discriminador para la distinción entre cultivares (Galán Saúco, 2004, Cabrera Cabrera y Galán Saúco, 2006). La mayor relación observada para este parámetro en todos los ciclos para 'Zelig' (tabla 1) y 'Ana Roberta' (tabla 2), es claro índice de una menor robustez que puede hacerlos más sensibles a condiciones de viento huracanado en el caso de su cultivo al aire libre. Lo contrario sucede con 'Gruesa' en el primer ensayo y 'Don Benito' seguido de 'Lito' en el 2º ensayo, sin duda más idóneos al respecto.

La menor longitud del raquis (hasta la inserción de la primera mano) puede ser una desventaja en particular para los racimos producidos en invierno donde son frecuente los fenómenos de obstrucción floral (Galán Saúco 1992). En este sentido, deben considerarse en el primer ensayo como más idóneos para los climas subtropicales a 'Zelig' y 'Palmerita', y como más desfavorables 'Gruesa' y a menor escala 'Brier' y 'Laja' (tabla 1) y para el 2º ensayo 'San Marcos' como mas idóneo que 'Feliciano' y 'Don Benito'.

Tanto el número total de hojas emitidas antes de la emergencia del racimo, como el ritmo de emisión de hojas (REH) en principio, es variable según el cultivar y las condiciones del medio, o ambos (Stover y Simmonds, 1987). La conjunción de ambos factores es importante de cara a determinar la duración de la fase vegetativa, que junto con la duración de la fase reproductiva (emergencia del racimo a recolección), determinan la duración total del ciclo productivo, factor de capital importancia para la sostenibilidad de una plantación en los subtrópicos (Galán Saúco, 1992). Los datos obtenidos para el cultivar 'Gruesa' confirman estudios anteriores en los que quedo reflejado que este cultivar emitía 2,1 hojas más de media por ciclo que el cultivar 'Zelig' (Galán Saúco, 2002).

Las diferencias detectadas entre las distintas selecciones en el primer ciclo en cuanto a la época de emergencia del racimo (tabla 1) pueden ser debidas bien a un diferente ritmo de emisión de hojas, o a la emisión de un distinto número de hojas antes de la emergencia del racimo, o incluso puede suceder que se compensen ambos valores y no se llegue a detectar diferencias. Esto tienen una notable influencia no sólo en la duración de los ciclos posteriores, sino también como se verá más adelante en el peso del racimo, consecuencia lógica de las importantes diferencias de temperatura entre estaciones que ocurren en los subtrópicos. De hecho vemos que 'Laja' (en sus variantes "in vitro" e Hijos), emitiendo un número de hojas significativamente menor que 'Brier' y 'Gruesa' ocupa el primer lugar en la emisión del racimo. Por razones análogas, 'Zelig', emite un relativamente bajo número de hojas presentando un tiempo de emergencia del racimo intermedio entre los más tardíos y los más precoces. Por último, 'Brier' y 'Gruesa' emiten un mayor número de hojas y son los más tardíos en emitir los racimos. De confirmarse en distintos emplazamientos este mayor número de hojas emitidas durante la fase vegetativa, que al parecer presentan los cultivares 'Brier' y 'Gruesa', ello podría suponer un defecto importante para ambos cultivares, al menos para las condiciones marginales de cultivo en los subtrópicos.

En cuanto al 2º ensayo (tabla 2), el mayor número de hojas emitidas durante la fase vegetativa y la más tardía fecha de emergencia del racimo hacen que 'Lito' sea en principio menos



idóneo para los subtrópicos, sin que podamos pronunciarnos claramente a este respecto en cuanto a los restantes cultivares y selecciones estudiados.

La notable disminución en cuanto al número de hijos emitidos entre el primer y los siguientes ciclos podría ser en principio atribuido a efectos residuales de la propagación *in vitro* (Robinson, 1990) pero el hecho de que no existan diferencias entre el material Laja y Laja hijos hace pensar que ello es más una consecuencia del hecho de la existencia en el segundo y tercer ciclo de cultivo del conocido fenómeno de dominancia apical (Lassoudiere, 1980) de la planta madre respecto a los hijos o yemas laterales, inhibiendo el desarrollo de alguno de ellos, lo que no sucede en el primer ciclo en que no existe planta madre.

La más tardía recolección de 'Brier' y 'Gruesa' en el primer ensayo y Lito en el 2º ensayo los hace en principio menos idóneos para su cultivo en zonas marginales. De hecho ello conlleva, sobre todo con el retraso observado año tras año para todos los cultivares y selecciones estudiados, paulatinamente a que la fase de crecimiento final del racimo se realice en los meses de invierno con el consiguiente riesgo de que no se produzca un adecuado llenado de la fruta y por tanto no se alcance un calibre adecuado de los dedos del plátano para su posterior comercialización. Por contraste la precocidad de recolección de 'Laja' ("in vitro" e Hijos) en el primer ensayo y 'Ana Roberta' en el 2º hace que estos cultivares sean dentro de cada ensayo y, para esta característica, los más idóneos para los climas subtropicales.

El tiempo transcurrido entre la emergencia y recolección está muy influenciado en los subtrópicos por las diferencias de temperatura entre el verano y el invierno (Robinson, 1996), lo que explica que las diferencias entre cultivares con relación a este intervalo puedan cambiar según ciclos. De hecho, a diferencia del 2º ciclo no todos los cultivares presentan en el primer ensayo un tiempo similar para el llenado del fruto. Así se explica que en el caso de 'Brier' y 'Gruesa', que son los más tardíos, en comparación a los restantes, respecto a la fecha de parición, el intervalo parición-recolección se extienda hasta los meses fríos de otoño-invierno aumentando el tiempo de llenado de la fruta. Por el contrario, en los casos de 'Laja' ("in vitro" e Hijos), 'Retaca' y 'Ricasa' que son los más precoces en cuanto a la fecha de parición, el intervalo parición-recolección ocurre en los meses de verano-otoño y por tanto el tiempo de llenado de la fruta es menor (tabla 1).

Dadas las diferencias estadísticas encontradas podemos decir que 'Ricasa', en el primer ensayo (tabla 1), y 'Lito' en el segundo (tabla 2) son más interesantes para los mercados que prefieren dedos grandes siendo 'Laja' más adecuado para los sectores del mercado que prefieren la fruta de dedo corto.

El hecho de que 'Lito' presente siempre una mayor longitud que otros cultivares, coincide con previas observaciones que habían seleccionado este cultivar por su mayor longitud de dedo (Galán Saúco, 1992).

El mayor peso del racimo de los cultivares 'Retaca', y 'Gruesa' es una ventaja frente a los restantes, aunque es importante destacar, sin embargo, que la fecha de emergencia puede influir en el peso del racimo, ya que según experiencias previas en Canarias (Galán Saúco y Cabrera Cabrera, 1993) los racimos que emergen a finales de verano, tenían pesos mayores que aquellos que lo hacían a comienzos del mismo (Octubre frente a Junio), como consecuencia lógica del, ya comentado, efecto de la mayor temperatura. Así ocurre, por ejemplo, con Gruesa en la que es uno de los más tardíos en la emergencia del racimo (a finales de julio en el 2º y 3º ciclo) siendo también uno de los que presentan mayor peso del racimo. Así mismo 'Laja' (Hijos e "in vitro"), más precoz en la emergencia del racimo (a principio de junio), presenta menor peso del racimo. En cuanto al segundo ensayo el escaso número de datos de peso del racimo no permite sacar conclusiones claras pese a la notable diferencia (no significativa) entre el cultivar 'San Marcos' y los restantes (tabla 2).

## CONCLUSIONES

Después de varios ciclos de cultivo se confirma la existencia de diferencias significativas entre las distintas selecciones efectuadas, poniéndose de manifiesto la importante variabilidad genética existente dentro del subgrupo Cavendish, tanto en aspectos vegetativos como productivos de interés agronómico. Todos los cultivares presentan algunas características interesantes, por lo que su posible elección dependerá del nivel de importancia que pueda tener alguno de los parámetros evaluados para su producción comercial, bajo unas condiciones concretas. Así, en las condiciones ambientales y con la orientación comercial de la explotación donde se realizó este estudio, el cultivar 'Laja' es preferido al resto debido a su precocidad y bajo porte, a pesar del inferior peso del racimo. En cuanto a 'Gruesa', selección ya cultivada comercialmente en Canarias, la mayor duración del ciclo y la mayor incidencia de manos con tres filas de dedos, hace menos aconsejable su cultivo en este



emplazamiento. Asimismo, para esta explotación la selección 'Retaca' es rechazada, a pesar de ser más productiva, debido a que presenta mayor altura de la planta y una longitud de los frutos superior al estándar comercial del mercado al que va destinada la producción de esta explotación. Dada la posibilidad de seleccionar un cultivar diferente según las condiciones ambientales y orientación comercial de cada explotación, se proseguirá la evaluación de estos cultivares en emplazamientos al aire libre en distintas zonas climáticas de las islas.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a los Hnos. Acevedo González, Finca La Laja, Buenavista, Tenerife, su inestimable apoyo para la realización de este trabajo así como al Ingeniero Técnico Agrícola Juan Carlos Hernandez Conde, responsable técnico de la explotación, sin cuya colaboración no hubiera sido posible llevarlo a buen término.

Agradecemos también a CULTESA (Cultivos in vitro de Tenerife, SA) la cesión de material vegetal para su evaluación y a D. Juan Fariñas Alvaréz, profesor de Cultivos Tropicales de la Escuela Técnica Superior de Ciencias Agrarias de La Universidad de la Laguna, el apoyo mostrado a sus alumnos para la realización de trabajos de investigación.

## BIBLIOGRAFIA.

1. Cabrera Cabrera J. y Galán Saúco, V. 2006. Evaluation of the banana cultivars Zelig, Grande Naine and Gruesa under different environmental conditions in the Canary Islands. *Fruits* 60 (6):1-13.
2. Galán Saúco, V. 2002. Evaluación de cultivares de platanera. En Fernández Galván, D. y Hernández Delgado, P: M. (Eds.). Actividades del ICIA en platanera. Instituto Canario de Investigaciones Agrarias: 21-34.
3. Galán Saúco, V., Cabrera Cabrera, J., Hernández Delgado, P.M. y Rodríguez Pastor, M.C.. 1998. Evaluation of medium-height Cavendish banana cultivars under the subtropical conditions of the Canary Islands. *Acta Horticulturae*, 490: 103-113.
4. Hernández Méndez M. 2003. Evaluación de diferentes cultivares de platanera en precosecha bajo cultivo protegido en la zona norte de Tenerife. Proyecto Fin de Carrera. E.U.I.A. Universidad de La Laguna. España.
5. (Lassoudiere, A. 1980. comportement du bananier 'Poyo' au second cycle. Iv. Mise en evidence d'interactions entre rejet et pied mere et entre rejets freres. *Fruits* 35 (2) : 69-93.
6. Luis Pacheco, J.M. 2005 Evaluación de diferentes cultivares de platanera bajo cultivo protegido en la zona norte de Tenerife. Tercer ciclo de cultivo. Proyecto Fin de Carrera. E.U.I.A. Universidad de La Laguna. España.
7. Melián González, E. 2002. Evaluación preliminar de distintos clones de Pequeña Enana, primer ciclo de cultivo. Proyecto Fin de Carrera. E.U.I.A. Universidad de La Laguna. España.
8. Robinson, J. C. 1990. Establishment of tissue culture banana plants. *CSFRI Inf. Bull.* 219: 8 -9.
9. Robinson, J. C. 1996. Bananas and plantains. CAB Int., Wallingford. UK. 238 pp.
10. Stover, R. H. y Simmonds, N. W. 1987. Bananas 3<sup>rd</sup> edition. Longmans. New York. 468 pp.

**Tabla 1.** Medias de parámetros morfológicos, fenológicos y productivos de los cultivares evaluados en el ensayo n°1 durante tres ciclos productivos. Las comparaciones estadísticas son efectuadas para cada ciclo entre los distintos cultivares, no mostrando diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) los valores que compartan letras similares.

| Parámetro                                        | ciclo | Zelig     | Retaca   | Palmerita | Ricasa    | Gruesa    | Laja(Hijos) | Brier    | Laja     |
|--------------------------------------------------|-------|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|-------------|----------|----------|
| 1. Alturaseudotallo (m)                          | 1º    | 283,9 a   | 276,4 a  | 260,5 b   | 256,1 b   | 256,8 b   | 225,1 c     | 256,7 b  | 255,2 b  |
|                                                  | 2º    | 307,0 a   | 301,0 a  | 303,0 a   | 257,0 b   | 260,0 b   | 224,0 c     | 253,0 bc | 235,0 bc |
|                                                  | 3º    | 324,5 a   | 302,4 ab | 294,6 bc  | 283,4 bcd | 275,8 cde | 268,2 def   | 258,1 ef | 250,5 f  |
| 2. Perímetroseudotallo (cm)                      | 1º    | 72,3 c    | 76,5 b   | 71,4 c    | 75,8 b    | 81,8 a    | 70,8 c      | 79,8 a   | 77,3 b   |
|                                                  | 2º    | 85,9 de   | 89,1 bcd | 90,7 bc   | 88,6 cd   | 97,5 a    | 84,4 e      | 93,1 b   | 82,4 e   |
|                                                  | 3º    | 85,4 b    | 86,7 b   | 85,7 b    | 86,8 b    | 96,0 a    | 88,5 b      | 88,0 b   | 83,9 b   |
| 3. Relación altura / perímetroseudotallo         | 1º    | 3,9 a     | 3,6 b    | 3,6 b     | 3,4 c     | 3,1 d     | 3,2 cd      | 3,2 cd   | 3,3 cd   |
|                                                  | 2º    | 3,6 a     | 3,4 ab   | 3,4 b     | 2,9 c     | 2,7 e     | 2,7 e       | 2,7 de   | 2,9 cd   |
|                                                  | 3º    | 3,8 a     | 3,5 b    | 3,4 b     | 3,3 b     | 2,9 c     | 3,0 c       | 2,9 c    | 3,0 c    |
| 4. Longitud del raqu hasta la a 1ª mano (cm)     | 1º    | 42,6 a    | 38,8 ab  | 38,5 ab   | 39,0 ab   | 25,9 d    | 28,9 cd     | 35,0 bc  | 30,8 cd  |
|                                                  | 2º    | 43,8 a    | 33,8 b   | 37,4 ab   | 35,7 b    | 26,0 c    | 29,8 c      | 26,0 c   | 28,6 c   |
|                                                  | 3º    | 45,5 a    | 41,9 abc | 43,2 ab   | 44,4 a    | 33,2 cd   | 37,2 abcd   | 30,5 d   | 34,7 bcd |
| 5. Superficie foliar de la hoja (m²)             | 1º    | 1,5 a     | 1,4 a    | 1,2 b     | 1,2 bc    | 1,1 bcd   | 0,9 e       | 1,1 cd   | 1,1 d    |
|                                                  | 2º    | 1,4 ab    | 1,5 a    | 1,4 bc    | 1,3 c     | 1,3 cd    | 1,0 e       | 1,2 de   | 1,1 e    |
|                                                  | 3º    | 1,7 a     | 1,7 ab   | 1,6 ab    | 1,6 bc    | 1,4 cd    | 1,3 d       | 1,3 d    | 1,2 d    |
| 6. Relación Foliar hoja III Longitud / ancho     | 1º    | -         | -        | -         | -         | -         | -           | -        | -        |
|                                                  | 2º    | 2,7 ab    | 2,7 a    | 2,5 bc    | 2,4 cd    | 2,7 a     | 2,3 d       | 2,7 ab   | 2,3 cd   |
|                                                  | 3º    | 2,6 a     | 2,6 a    | 2,3 cd    | 2,3 cd    | 2,5 abc   | 2,4 bcd     | 2,5 ab   | 2,3 d    |
| 7. Número de hojas emitidas tras la ortogonal Ho | 1º    | -         | -        | -         | -         | -         | -           | -        | -        |
|                                                  | 2º    | 20,4 c    | 21,6 c   | 22,2 bc   | 21,6 c    | 24,3 ab   | 20,6 c      | 25,4 a   | 20,6 c   |
|                                                  | 3º    | 18,3 cd   | 17,5 d   | 20,9 b    | 21,1 b    | 23,8 a    | 19,6 bcd    | 23,9 a   | 20,5 bc  |
| 8. Número medio de hijos por planta              | 1º    | 10,5 c    | 13,5 a   | 12,7 ab   | 11,7 bc   | 11,6 bc   | 12,6 ab     | 12,6 ab  | 13,2 a   |
|                                                  | 2º    | 4,4 ab    | 4,9 ab   | 4,9 ab    | 4,5 ab    | 3,6 b     | 5,3 a       | 4,0 ab   | 3,6 b    |
|                                                  | 3º    | 4,2 a     | 3,9 a    | 4,4 a     | 3,9 a     | 3,6 a     | 4,9 a       | 4,0 a    | 4,9 a    |
| 9. Emergencia racimo (día / mes)                 | 1º    | 02/06 bcd | 17/06 a  | 04/06 abc | 28/05 cd  | 11/06 ab  | 22/05 cd    | 31/05 cd | 31/05 d  |
|                                                  | 2º    | 20/06 ab  | 30/06 ab | 15/06 abc | 23/05 bcd | 16/07 a   | 23/04 d     | 02/07 ab | 11/05 cd |
|                                                  | 3º    | 07/07 abc | 26/06 bc | 07/07 abc | 29/06 bc  | 25/07 ab  | 07/06 c     | 06/08 a  | 03/06 c  |

**Tabla 1.** (Continuación)

| Parámetro                                                   | ciclo | Zelig     | Retaca    | Palmerita | Ricasa    | Gruesa   | Laja(Hijos) | Brier    | Laja      |
|-------------------------------------------------------------|-------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|-------------|----------|-----------|
| 10. Fecha recolección racimo (día / mes)                    | 1º    | 28/09 bcd | 16/10 a   | 03/10 abc | 23/09 cd  | 10/10 ab | 22/09 cd    | 24/09 cd | 17/09 d   |
|                                                             | 2º    | 02/11 ab  | 29/10 ab  | 28/10 ab  | 15/10 bc  | 11/11 a  | 27/09 c     | 01/11 a  | 30/09 c   |
|                                                             | 3º    | 02/12 bcd | 07/11 bcd | 07/12 abc | 20/11 bcd | 05/01 ab | 10/10 d     | 29/01 a  | 23/10 cd  |
| 11. Duración intervalo emergencia- cosecha racimo (semanas) | 1º    | 16,76 ab  | 17,19 ab  | 17,12 ab  | 16,68 ab  | 17,11 ab | 17,49 a     | 16,35 bc | 15,54 c   |
|                                                             | 2º    | 21,33 a   | 20,33 a   | 21,36 a   | 21,42 a   | 20,00 a  | 21,68 a     | 20,66 a  | 21,68 a   |
|                                                             | 3º    | 21,23 bcd | 19,12 cd  | 21,91 abc | 20,70 bcd | 23,31 ab | 17,85 d     | 24,89 a  | 20,26 bcd |
| 12. Número de manos por racimo                              | 1º    | 12,9 bc   | 13,6 b    | 13,7 b    | 12,9 bc   | 15,3 a   | 12,1 c      | 13,5 b   | 13,1 b    |
|                                                             | 2º    | 14,7 bc   | 13,8 c    | 14,8 ab   | 13,9 c    | 15,4 ab  | 13,3 c      | 15,7 a   | 13,9 c    |
|                                                             | 3º    | 14,5 a    | 13,9 a    | 14,6 a    | 15,2 a    | 15,3 a   | 14,5 a      | 14,1 a   | 14,5 a    |
| 13. Número de manos con tres filas de dedos (%)             | 1º    | -         | -         | -         | -         | -        | -           | -        | -         |
|                                                             | 2º    | 6,81 ab   | 5,59 ab   | 9,46 a    | 4,51 b    | 8,54 ab  | 8,92 ab     | 8,50 ab  | 3,84 b    |
|                                                             | 3º    | 6,65 ab   | 5,24 b    | 8,3 ab    | 12,64 ab  | 15,36 a  | 13,30 ab    | 11,00 ab | 12,64 ab  |
| 14. Longitud desde la primera a la última mano (cm)         | 1º    | 82,7 b    | 93,2 a    | 81,1 bc   | 78,8 bc   | 91,0 a   | 69,5 d      | 84,2 b   | 76,6 c    |
|                                                             | 2º    | 89,1 a    | 88,2 a    | 83,0 a    | 77,3 b    | 88,3 a   | 71,1 b      | 86,3 a   | 72,4 b    |
|                                                             | 3º    | 89,1 ab   | 91,3 a    | 80,3 bcd  | 85,9 ab   | 85,0 abc | 75,1 cd     | 81,3 bcd | 74,0 d    |
| 15. Número de dedos segunda mano superior                   | 1º    | 22,3 c    | 25,4 b    | 24,3 bc   | 23,9 bc   | 27,8 a   | 25,0 b      | 24,2 bc  | 26,1 ab   |
|                                                             | 2º    | 25,4 b    | 28,2 a    | 28,3 a    | 27,4 ab   | 27,3 ab  | 26,1 ab     | 27,1 ab  | 25,3 b    |
|                                                             | 3º    | 25,6 b    | 28,5 ab   | 26,4 ab   | 28,9 ab   | 26,7 ab  | 31,1 a      | 26,5 ab  | 27,9 ab   |
| 16. Número de dedos segunda mano inferior                   | 1º    | 15,1 ab   | 15,7 ab   | 14,8 b    | 15,9 a    | 15,1 ab  | 15,0 ab     | 15,4 ab  | 15,6 ab   |
|                                                             | 2º    | 15,9 b    | 16,2 ab   | 16,5 ab   | 16,1 ab   | 17,4 a   | 15,6 b      | 15,7 b   | 15,6 b    |
|                                                             | 3º    | 16,8 ab   | 16,7 ab   | 16,8 ab   | 16,7 ab   | 18,1 a   | 16,3 ab     | 17,4 ab  | 15,7 b    |
| 17. Longitud dedo característico segunda mano superior      | 1º    | 29,1 ab   | 28,4 bc   | 28,1 bc   | 30,1 a    | 27,2 cd  | 27,8 cd     | 27,1 cd  | 26,5 d    |
|                                                             | 2º    | 22,6 abc  | 22,9 ab   | 22,6 abcd | 23,6 a    | 21,5 bcd | 22,5 abcd   | 20,5 d   | 20,7 cd   |
|                                                             | 3º    | 24,5 ab   | 24,6 ab   | 24,0 ab   | 24,9 a    | 23,5 abc | 22,4 c      | 23,9 ab  | 23,1 bc   |
| 18. Longitud dedo característico segunda mano inferior      | 1º    | 22,9 b    | 24,3 a    | 21,8 cd   | 24,9 a    | 21,1 d   | 21,4 b      | 22,4 bc  | 21,9 cd   |
|                                                             | 2º    | 19,9 c    | 21,6 a    | 19,6 c    | 20,8 ab   | 20,2 bc  | 18,9 c      | 19,8 c   | 19,0 c    |
|                                                             | 3º    | 20,1 abc  | 21,3 a    | 20,4 abc  | 21,0 ab   | 18,9 c   | 19,2 c      | 19,5 bc  | 18,8 c    |
| 19. Peso neto del racimo (kg.)                              | 1º    | 44,5 b    | 49,1 a    | 42,7 bc   | 44,1 b    | 48,4 a   | 38,0 d      | 42,9 bc  | 40,2 cd   |
|                                                             | 2º    | 48,0 b    | 53,1 a    | 50,7 ab   | 49,4 ab   | 51,8 ab  | 39,6 c      | 49,3 ab  | 42,0 c    |
|                                                             | 3º    | 49,2 ab   | 52,6 a    | 46,8 ab   | 52,5 a    | 51,2 a   | 46,1 ab     | 43,9 b   | 45,6 ab   |

**Tabla 2.** Medias de parámetros morfológicos, fenológicos y productivos de los cultivares evaluados en el ensayo n°2 durante dos ciclos productivos. Las comparaciones estadísticas son efectuadas para cada ciclo entre los distintos cultivares, no mostrando diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) los valores que compartan letras similares.

| Parámetro                                 | ciclo | Ana Roberta | San Marcos | Feliciania | Lito    | Don Benito |
|-------------------------------------------|-------|-------------|------------|------------|---------|------------|
| 1. Alturaseudotallo (m)                   | 1º    | 299,8 a     | 269,2 b    | 265,8 b    | 266,7 b | 235,8 c    |
|                                           | 2º    | 321,4 a     | 308,5 ab   | 286,6 ab   | 275,3 b | 269,6 b    |
| 2. Perímetroseudotallo (cm)               | 1º    | 75,4 b      | 79,0 ab    | 76,8 ab    | 82,0 a  | 75,4 b     |
|                                           | 2º    | 76,4 b      | 88,5 a     | 79,2 ab    | 83,9 ab | 82,9 ab    |
| 3. Relación altura / perímetroseudotallo  | 1º    | 3,98 a      | 3,41 b     | 3,46 b     | 3,26 bc | 3,13 c     |
|                                           | 2º    | 4,20 a      | 3,48 bc    | 3,62 b     | 3,28 bc | 3,25 c     |
| 4. Longitud hasta la 1ª mano (cm)         | 1º    | 39,6 ab     | 50,2 a     | 28,8 b     | 39,0 ab | 25,0 b     |
|                                           | 2º    | 46,0 ab     | 57,5 a     | 38,6 bc    | 37,8 bc | 26,8 c     |
| 5. Superficie foliar hoja III (m²)        | 1º    | 1,7 a       | 1,8 a      | 1,6 ab     | 1,5 ab  | 1,3 b      |
|                                           | 2º    | 1,7 bc      | 2,1 a      | 1,8 ab     | 1,7 bc  | 1,5 c      |
| 6 hoja III (longitud/ancho)               | 1º    | 2,5 b       | 2,8 a      | 2,4 b      | 2,3 b   | 2,3 b      |
|                                           | 2º    | 2,4 a       | 2,5 a      | 2,2 b      | 2,3 b   | 2,2 b      |
| 7. Número de hojas tras ortogonal Ho      | 1º    | -           | -          | -          | -       | -          |
|                                           | 2º    | 18,6 a      | 18,0 a     | 19,8 a     | 21,0 a  | 19,8 a     |
| 8. Número medio de hijos por planta       | 1º    | 12,0 a      | 13,0 a     | 11,4 a     | 10,0 a  | 10,2 a     |
|                                           | 2º    | 5,6 a       | 5,0 a      | 4,4 a      | 3,8 a   | 4,6 a      |
| 9. Emergencia racimo (día / mes)          | 1º    | 30/06 b     | 15/07 ab   | 05/07 b    | 14/08 a | 19/07 ab   |
|                                           | 2º    | 12/07 b     | 01/08 ab   | 14/07 b    | 16/08 a | 10/07 b    |
| 10. recolección racimo (día / mes)        | 1º    | -           | -          | -          | -       | -          |
|                                           | 2º    | 19/11 b     | 21/01 ab   | 9/12 b     | 24/2 a  | 28/11 b    |
| 11. Emergencia- Cosecha (semanas)         | 1º    | -           | -          | -          | -       | -          |
|                                           | 2º    | 18,6 c      | 24,7 ab    | 21,2 bc    | 27,5 a  | 20,1 bc    |
| 12. Número de manos por racimo            | 1º    | 12,6 a      | 13,4 a     | 12,8 a     | 12,4 a  | 12,2 a     |
|                                           | 2º    | 13,4 b      | 15,3 a     | 14,2 ab    | 12,8 b  | 14,2 ab    |
| 13. Manos con tres filas de dedos (%)     | 1º    | -           | -          | -          | -       | -          |
|                                           | 2º    | 20,9 a      | 28,8 a     | 15,4 a     | 17,9 a  | 21,2 a     |
| 14. Longitud primera a última mano (cm)   | 1º    | 85,6 bc     | 105,4 a    | 96,8 ab    | 70,8 c  | 70,4 c     |
|                                           | 2º    | 91,7 ab     | 101,8 a    | 101,1 a    | 71,0 c  | 80,0 bc    |
| 15. Número de dedos segunda mano superior | 1º    | 32,6 a      | 29,6 a     | 30,8 a     | 29,6 a  | 27,8 a     |
|                                           | 2º    | 27,6 a      | 32,0 a     | 30,2 a     | 29,8 a  | 30,8 a     |
| 16. Número de dedos segunda mano inferior | 1º    | 14,4 a      | 16,8 a     | 14,0 a     | 16,2 a  | 16,2 a     |
|                                           | 2º    | 17,6 a      | 17,8 a     | 17,0 a     | 17,3 a  | 16,4 a     |
| 17. Longitud dedo segunda mano superior   | 1º    | -           | -          | -          | -       | -          |
|                                           | 2º    | 24,0 ab     | 25,0 ab    | 24,9 ab    | 26,2 a  | 22,6 b     |
| 18. Longitud dedo segunda mano inferior   | 1º    | -           | -          | -          | -       | -          |
|                                           | 2º    | 20,5 a      | 19,9 a     | 20,0 a     | 21,4 a  | 19,2 a     |
| 19. Peso neto racimo (kg.)                | 1º    | -           | -          | -          | -       | -          |
|                                           | 2º    | 45,4 a      | 60,1 a     | 50,8 a     | 47,2 a  | 48,1 a     |

## OBTENCIÓN DE HÍBRIDOS DE BANANOS Y PLATANOS EN CUBA

### BANANA AND PLANTAIN HYBRIDS IN CUBA

Teresa Ramírez Pedraza, Lianet González Díaz, José de la C Ventura Martín, Ricardo Hernández Pérez, Miguel Hernández Estrada, Juan Ramón Gálvez Guerra, Eliécer Reinaldo<sup>1</sup>

#### RESUMEN

En Cuba la aparición de la Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*, Morelet), entre otros factores ha sido la causa de una significativa depresión en los rendimientos lo que ha motivado una disminución de la producción de plátanos y bananos. Teniendo como base el Programa de Mejoramiento Genético desarrollado en el INIVIT, se propuso seleccionar los progenitores masculinos y femeninos más adecuados para la hibridación en *Musa* spp, desarrollar esquemas de cruzamientos para la obtención de nuevos híbridos, así como la caracterización citogenética, bioquímica y molecular existentes en los híbridos obtenidos, a partir de los materiales existentes en el Banco de Germoplasma de Bananos y Plátanos. Los progenitores seleccionados fueron cruzados basados en los diferentes esquemas de cruzamiento, determinando además las condiciones óptimas para su ejecución. Durante el estudio se reconoció a los clones 'SH-3142' (AA), 'SH-3362' (AA), 'Calcuta-4' (AA), 'Pisang Jary Buaya' (AA) y 'Paka' (AA) los mas adecuados como progenitores masculinos y los clones 'Saba' (ABB), 'Somaclon Saba' (ABB) y 'Pelipita' (ABB) como progenitores femeninos. Producto del cruzamiento entre el 'Somaclon Saba' (ABB) y el 'SH-3362' (AA), se obtuvieron 12 líneas, las cuales según el cariotipo presentaban ( $2n=44$ ) cromosomas. El análisis molecular mediante AFLP evidenció claras diferencias entre los híbridos obtenidos en los cruzamientos, respecto al testigo comercial tetraploide FHIA-18. Se pudo evaluar además diferencias morfoagronómicas y moleculares entre los híbridos analizados H-1 y H-10, los que finalmente se encuentran en su segundo ciclo de evaluación con resultados satisfactorios.

**Keywords:** *Musa*, germplasm, crossing, progenitor

**Palabras Clave:** *Musa*, germoplasma, cruzamientos, progenitores, híbridos, masculinos, femeninos.

#### INTRODUCCION

El cultivo del plátano (*Musa spp.*) es una importante fuente de alimento para una gran parte de la población mundial, localizada principalmente en países subdesarrollados de Asia, África y América Central y del Sur, la producción anual se estima en alrededor de 30.6 millones de toneladas (FAO, 2000). La economía de muchos de estos países depende de su exportación para generar ingresos en moneda libremente convertible (FAO, 1999).

El mejoramiento convencional es posible en la mayoría de los casos, pero muchos cientos de polinizaciones son necesarias para obtener muy pocas semillas.

El mejoramiento genético de bananos y plátanos resulta difícil debido a diferentes parámetros como la partenocarpia, la esterilidad y la poliploidia. Los bananos y plátanos aptos para el consumo son en su mayoría estériles, volviéndose muy complicado y largo su mejoramiento (Kulasekaran, 1986).

En Cuba la aparición de la Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*, Morelet), entre otros factores es la causa de una significativa depresión en los rendimientos lo que ha motivado una disminución de la producción de bananos y plátanos. Una nueva política varietal en el país ha permitido la introducción de nuevos clones procedentes de la Fundación Hondureña de Investigaciones Agrícolas (FHIA), sin embargo se ha decidido continuar buscando alternativas para incrementar la variabilidad genética en el cultivo, con la obtención de nuevos híbridos mediante el empleo de diferentes técnicas de mejoramiento genético.

Teniendo en cuenta todos los aspectos anteriormente relacionados se propone como hipótesis del trabajo la siguiente: Es posible obtener nuevos híbridos de banano o plátano a través de una metodología convencional de mejoramiento por hibridación entre clones con alto potencial

<sup>1</sup> Instituto de Investigaciones en Viandas Tropicales (INIVIT). Cuba  
Finca Tres Carolinas. CP 53 000. Apdo 6. Santo Domingo. Villa Clara. Cuba.  
Email. teresa@inivit.co.cu

productivo y con resistencia o tolerancia a las principales plagas y enfermedades que inciden en nuestro territorio. Para lo cual se deben cumplir los siguientes objetivos:

1. Seleccionar los progenitores masculinos y femeninos más adecuados que serán utilizados en los cruzamientos para la obtención de nuevos híbridos.
2. Establecer un esquema de cruzamiento que permita la obtención de nuevos híbridos con características agronómicas deseables.
3. Conocer las características citogenéticas y moleculares que permitan identificar los híbridos obtenidos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Los clones en estudio procedían del Banco de Germoplasma del Instituto de Investigaciones en Viandas Tropicales (INIVIT), plantados “ex situ” desde 1997 en un suelo Pardo con carbonatos (Hernández *et al.*, 1995) y atendidos según las labores agrotécnicas del Instructivo Técnico del cultivo (MINAGRI, 1994).

### Selección de progenitores masculinos (♂).

Los progenitores masculinos se seleccionaron teniendo en cuenta tres aspectos:

- 1- Caracterización morfológica. Se emplearon los parámetros más importantes de la Lista de Descriptores para el Banano y el Plátano establecida por INIBAP/IPGRI/CIRAD, (1996). APS: Altura del pseudotallo (m), ASPS: Aspecto del pseudotallo, HF: Hábito foliar, FR. Forma del racimo, LD. Longitud de los dedos (cm), ND. Número de dedos (u), NM. Número de manos por racimo (u), PF. Posición de los frutos.
- 2- Fertilidad polínica. Se determinó mediante el método de Alexander “Coloración diferencial de polen”. Los granos de polen fértiles se tiñeron de un color azul intenso mientras que los granos estériles quedaban incoloros.
- 3- Criterios de resistencia o susceptibilidad frente a Plagas y Enfermedades.

### Selección de progenitores femeninos (♀).

Los progenitores femeninos se seleccionaron teniendo en cuenta tres aspectos:

- 1- Caracterización morfológica. Se emplearon los parámetros más importantes de la Lista de Descriptores para el Banano y el Plátano establecida por INIBAP/IPGRI/CIRAD, (1996). APS: Altura del pseudotallo (m), ASPS: Aspecto del pseudotallo, FR. Forma del racimo LD. Longitud de los dedos (cm), ND. Número de dedos (u) NM. Número de manos por racimo (u) PF. Posición de los frutos, NS. Número de semillas por racimos, FS: Forma de las semillas TP. Textura de la pulpa
- 2- Número de semillas botánicas promedio por clon. Se contó el número de semillas obtenidas en 20 racimos polinizados con el diploide ‘SH-3142’ (AA) y se determinó el número promedio de semillas en cada uno de ellos.
- 3- Calidad de las semillas. Semillas con endospermo Normal, Anormal y sin endospermo así como embriones normales y anormales. Las semillas fueron examinadas bajo un estereoscopio para determinar la calidad de las mismas, teniendo en cuenta la forma y estado del embrión.

### **Polinización.**

Consistió en tomar las flores masculinas donde se encontraban abundantes sacos políferos y se sacudieron fuertemente sobre el estigma de las flores femeninas recién abiertas en la mañana. Este proceso se repitió a medida que las flores iban abriendo (Oliveira *et al.*, 1994).

Momento óptimo para realizar la polinización.

Para conocer el momento óptimo en que se debía realizar la polinización se hicieron cruzamientos sobre flores femeninas durante diferentes horas (7:00, 9:00, 11:00 am y 1:00 pm), posterior a esta hora del día se entendió inadecuada la prueba. La evaluación se realizó en 20 racimos por tratamiento para cada uno de los progenitores femeninos seleccionados.

### **Extracción de la semilla.**

#### **Cosecha.**

Los racimos obtenidos posterior a la polinización fueron cosechados cuando alcanzaron madurez fisiológica. Se trasladaron al cuarto de maduración agrupándose de acuerdo al esquema de cruzamiento empleado (tabla 4) donde se esperó a la total maduración. Los dedos fueron cortados longitudinalmente para la extracción de las semillas según (Larter, 1935, 1947).



### **Despulpado**

El proceso de despulpado de las semillas se realizó tomando un tamiz de 3 mm de diámetro, se le aplicó agua corriente estable para eliminar totalmente la pulpa que las envolvía, trasladando las semillas a frascos con agua destilada para iniciar el proceso de desinfección.

Rescate de embriones cigóticos. Se realizó bajo el estereoscopio, luego se sembraron en medio de cultivo. Los embriones fueron mantenidos en cámaras de cultivo y período de oscuridad durante siete-ocho días, lo cual permitió el desarrollo del embrión. Posteriormente fueron incubados a luz artificial de 3000 lux con una temperatura aproximada de 25° C a 28° C por espacio de 30 y 45 días.

Las plantas regeneradas fueron establecidas en bolsas de polietileno para lograr una mejor supervivencia de las mismas. El sustrato empleado estaba compuesto por 50 % de suelo con 50 % de materia orgánica (cachaza) semidescompuesta. Cuando estas alcanzaron el desarrollo óptimo se trasladaron a campo.

### **Siembra en campo de los híbridos.**

De los 70 híbridos adaptados en invernadero se obtuvieron 12 líneas a campo abierto donde se atendieron según lo planteado en el Instructivo Técnico para el Cultivo del Plátano (MINAGRI, 1994).

### **Caracterización citogenética y molecular de los progenitores e híbridos obtenidos.**

#### **Caracterización citogenética.**

El análisis cromosomal se realizó a partir de raíces de aproximadamente 1 cm de longitud, las que fueron pretratadas con 8 Hidroxiquinolina al 0.02 % y se fijaron en etanol acético en proporción (3:1). Se colorearon con Hematoxilina Laca crómica durante 2 horas a 60° C. Los ápices se colocaron en portaobjetos con ácido acético al 45 %, cubriéndose con el cubreobjeto para luego ser selladas. El conteo cromosómico se realizó en 30 células al microscopio óptico y se tomaron imágenes con una cámara fotográfica acoplada.

#### **Diferenciación de híbridos mediante técnicas de AFLP.**

Se tomó tejido fresco de la hoja en cigarro de los híbridos, sus progenitores y el clon FHIA 18. Dichos muestras fueron comparados entre sí a través de marcadores moleculares aplicándose la técnica de Polimorfismo de Longitud de Fragmentos Amplificados (AFLP) (Donini *et al.*, 1997), capaz de detectar las diferencias genéticas entre las accesiones e individuos estrechamente relacionados.

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN.**

#### **Selección de progenitores masculinos.**

##### **Caracterización morfológica.**

El progenitor masculino '**Calcuta-4'** (*Musa acuminata* spp. *burmanicoides*) (AA), mostró hábito foliar intermedio (entre erecto y decumbente), extremadamente fuerte y duro. Presentó plantas con una altura inferior o igual a 2 metros con racimos pequeños y compactos, subpendular con dedos cortos (< 15 cm), perpendiculares al raquis. Las flores que forman el racimo son hermafroditas con presencia de abundante polen y un elevado porcentaje de granos fértiles. El cultivar '**Paka'** (AA) según los parámetros analizados, es un clon diploide con una altura del pseudotallo entre 2 y 2.9 metros y aspecto normal, hábito foliar normal, con un excelente formato del racimo y buen tamaño (7 u 8 manos). Sus frutos presentaron una longitud entre 12 y 14 cm en posición pendular y sabor dulce, flores hermafroditas con abundante polen. Larter (1947) citado por Simmond (1973) plantea que es el mejor diploide comestible que se conoce y que sería ideal emplearlo como progenitor masculino..

Los resultados obtenidos al caracterizar el diploide '**SH-3142'** (AA) demuestran que es un clon que posee un pseudotallo con una altura entre 2.1 y 2.9 metros y altamente consistente, hábito foliar decumbente, racimos compactos en posición pendular con un elevado número de manos (10 y 12 manos) y entre 100 y 120 dedos aproximadamente. Sus frutos presentaron sabor ácido con una longitud entre 10 y 12 cm y flores hermafroditas con abundante polen. El progenitor masculino '**Pisang Jary Buaya'** (AA), en su caracterización mostró hábito foliar semierecto con pseudotallos de 3 metros de altura y aspecto normal, racimos en posición pendular y frutos con curva poco marcada. Racimos con 8 o 9 manos y dedos con una longitud entre 16 y 20 cm con pulpa de color amarillo en la madurez y sabor azucarado. Bajo nuestras condiciones este clon presentó flores hermafroditas con abundantes sacos poliníferos. El diploide '**SH-3362'** (AA) presentó hábito foliar decumbente con una altura del pseudotallo entre 2.1 y 2.9 metros, racimos con 7 u 8 manos, entre 80 y 90 dedos aproximadamente. Sus frutos se caracterizaron por presentar color verde claro, sabor agridulce, pedicelos fuertes y longitud entre 12 y 14 cm, flores hermafroditas con abundantes sacos poliníferos. El cultivar '**BB de Viet Nam'** (BB), presentó pseudotallos con más de 3 metros de altura, aspecto

robusto, hábito foliar normal, racimos compactos, formando un ángulo de 45° con 8 o 9 manos y dedos perpendiculares al raquis, con una longitud entre 12 y 14 cm y elevado contenido de semillas (no partenocárpicas) y muy primitivo. Flores hermafroditas con abundante polen y alto porcentaje de fertilidad. El clon '**AA de Zanzíbar**' (AA) se caracterizó por presentar pseudotallos con más de 3 metros de altura, consistentes, hábito foliar normal, racimos compactos, pendulares con 7 u 8 manos, y dedos con una longitud entre 9 y 10 cm y flores hermafroditas.

### **Fertilidad polínica.**

En la tabla 1 se presentan los porcentajes de polen fértiles y estériles de los 7 cultivares diploides estudiados.

Tabla 1 Valores encontrados para el número total de granos de polen (fértiles y estériles) y los porcentajes que representan del total.

| Cultivar         | No. Granos | Número de granos |            | Porcentaje de granos |            |
|------------------|------------|------------------|------------|----------------------|------------|
|                  |            | Fértiles         | Infértiles | Fértiles             | Infértiles |
| BB Viet Nam      | 200        | 200              | 0          | 100                  | 0          |
| Pisag Jary Buaya | 200        | 196.2            | 3.8        | 98.1                 | 1.9        |
| SH-3362          | 200        | 188.2            | 1.2        | 94.4                 | 5.6        |
| SH-3142          | 200        | 190.0            | 9.8        | 95.1                 | 4.9        |
| Calcuta-4        | 200        | 199              | 1.0        | 99.1                 | 1.0        |
| Paka             | 200        | 183.7            | 17.0       | 91.8                 | 8.5        |
| AA de Zanzíbar   | 181.6      | 45.1             | 135.8      | 27.6                 | 74.5       |

En la tabla se muestra gran cantidad de polen fértil, exceptuando el clon 'AA de Zanzibar' (AA) que presentó un porcentaje muy bajo de fertilidad (27.6 %), a pesar de tener un elevado número de granos de polen (181.6). Similares resultados fueron obtenidos por Román (1988) al estudiar este clon donde obtuvo resultados similares, concluyendo que no es aconsejable utilizarlo como progenitor masculino por presentar porcentajes de fertilidad muy bajos. También se aprecia la alta producción de polen del clon 'Pisang Jary Buaya' (AA) representada por un 98.1 % de granos fértiles. Al respecto Rowe (1981) planteó que este clon es estéril y que no debía emplearse en el mejoramiento genético de bananos y plátanos. Sin embargo contrario a esto dicho clon arrojó resultados satisfactorios, comprobándose la influencia de las condiciones ambientales en la producción de polen Swennen (1993). Los altos porcentajes de polen fértil de los clones 'SH-3142' (AA) con 95.1 % y 'SH-3362' (AA) con 94.4 % representados en la tabla 6, coinciden con los reportados por Pinochet y Rowe (1979). Además se puede observar el comportamiento del clon 'BB de Viet Nam' (BB) el cual mostró un 100 % de granos fértiles. El clon 'Paka' (AA) presentó 183.7 granos fértiles para un 91.8 % de fertilidad.

### **Criterios de resistencia o susceptibilidad a plagas y enfermedades sobre los progenitores masculinos estudiados.**

En la tabla 2 se expone el comportamiento de los progenitores masculinos frente a las plagas y enfermedades que afectan a este cultivo, según base de datos de la Red Internacional de Bananos y Plátanos del INIBAP.

Tabla 2. Comportamiento de los progenitores masculinos frente a las diferentes enfermedades que afectan al cultivo.

| P. masculino    | Sig. Amarilla   | Sig. Negra | Fusarium oxysp  | Nematodos  |
|-----------------|-----------------|------------|-----------------|------------|
| SH-3362         | Lig susceptible | Resistente | Resistente      | Resistente |
| SH-3142         | Lig susceptible | Resistente | Resistente      | Resistente |
| Pisag. J. Buaya | Lig Susceptible | Resistente | Resistente      | Resistente |
| Paka            | Resistente      | Resistente | Lig susceptible | Resistente |
| Calcuta -4      | Resistente      | Resistente | Resistente      | Resistente |
| AA de Zanzíbar  | Resistente      | Resistente | Resistente      | Resistente |
| BB de Viet Nam  | Resistente      | Resistente | Resistente      | Resistente |

Como cultivares que tienen buen comportamiento se destacan el 'BB de Viet Nam' (BB), 'AA de Zanzibar' (AA) y 'Calcuta-4' (AA). Otros clones con perspectivas para ser utilizado son: el 'Paka' (AA) y el 'Pisang Jary Buaya' (AA).

### **Selección de los progenitores femeninos.**

#### **Caracterización morfológica.**

El progenitor femenino 'Saba' (ABB) presentó un pseudotallo consistente con una altura entre 2.1 y 2.9 metros, racimos de tamaño mediano (5 o 6 manos), dedos con curva poco marcada y su longitud osciló entre 16 y 20 cm., pulpa blanda con sabor suave. El número de semillas en sus racimos osciló en el rango (5 y 20) con una superficie arrugada y de forma redondeada. El cultivar 'Somaclon Saba' (ABB), manifiesta un pseudotallo con una altura entre 2.1 y 2.9 metros, con racimo en posición pendular de buen tamaño (9 y 10 manos) con dedos con pulpa suave y sabor dulce. El número de semilla en sus racimos osciló entre 5 y 20, siendo 14 semillas por racimo el promedio para este clon. Estas fueron de color negro y de forma redondeada con aspecto rugoso. Los resultados obtenidos en el progenitor femenino 'Pelipita' (ABB) demostraron ser un cultivar que posee un pseudotallo robusto con una altura entre 2.1 y 2.9 metros. Presentó racimos ligeramente inclinados con 9 y 10 manos. Sus frutos son curvos hacia arriba formando un ángulo de 45° y pulpa con textura dura cuando se fríe verde, semillas redondeadas con superficie rugosa y de color negro. El 'SH-3436-L9', es un tetraploide (AAAA) obtenido en el INIVIT a partir del progenitor 'SH-3436', se caracterizó por ser un clon de porte medio, habito foliar decumbente, racimo pendular con elevado número de manos (10 y 12 manos) y dedos (más de 100). Sus frutos presentaron sabor dulce y textura suave, semillas de color negro redondeadas y casi siempre con endospermos deformados. El progenitor femenino 'Hembra ¾' (AAB), es un clon típicamente cubano, se caracterizó por presentar una altura entre 2,1 y 2.9 metros, pseudotallos consistentes, racimos compactos con dedos curvos hacia arriba y delgados, con 6 y 7 manos. El número de semillas osciló entre 2 y 3 y siempre presentaron endospermos anormales con embriones abortados. El 'Highgate' (AA) mutante enano de 'Gros Michel', se caracterizó por presentar una altura del pseudotallo entre 2 y 2.9 metros, hábito foliar normal con racimos pendulares verticalmente con 6 o 7 manos, frutos con curva poco marcada y sabor dulce. El número de semillas osciló entre 1 y 2 por racimo de color negro y de forma achatada.

#### **Número de semillas botánicas promedio por clon.**

Tabla 3. Número de semilla botánica promedio por clon en 20 racimos polinizados con el diploide 'SH-3142'.

| Progenitor femenino | Grupo genómico | Total de semillas | Semillas Promedio |
|---------------------|----------------|-------------------|-------------------|
| Saba                | ABB            | 200               | 10                |
| Somaclon Saba       | ABB            | 250               | 12.5              |
| Hembra ¾            | AAB            | 60                | 3                 |
| SH-3436-L9          | AAAA           | 20                | 1                 |
| Pelipita            | ABB            | 220               | 11                |
| Highgate            | AAA            | 20                | 1                 |

En el cruzamiento con los clones 'Saba' (ABB), 'Somaclon Saba' (ABB) y 'Pelipita' (ABB) se logró un gran número de semillas (200, 250 y 220 semillas totales) con promedio de 10, 12.5 y 11 semillas/ racimos respectivamente. Cuando se polinizaron los clones 'Hembra ¾' (AAB), 'SH-3436-L9' (AAAA) y 'Highgate' (AAA), la fertilización fue extremadamente baja (3, 1 y 1) semillas promedio por racimo. Al respecto Simmonds (1973) señaló que la fertilidad de los cruzamientos (AAA y AAB) es usualmente baja y cuando son polinizados producen menos de 4 semillas por racimo, mientras que algunos femeninos (ABB) producen más de 10 semillas por frutos.

#### **Semillas con endospermo Normal, Anormal y sin endospermo y Embriones Normales y Anormales.**

El porcentaje de germinación de las semillas con endospermos y embriones normales en los progenitores femeninos estudiados fue de 79.3 %, mientras que cuando estas presentaron endospermos normales y embriones anormales fue de 7.6 %.

#### **Técnica empleada para la polinización.**

Se comprueba que las polinizaciones fueron más efectivas cuando se realizaron en flores femeninas jóvenes, de pámpanas recién abiertas que cuando se realizaron en flores con varios días

abiertas, lo mismo ocurrió cuando se tomó polen fresco de flores masculinas jóvenes que cuando se tomó polen de flores con varios días abiertas.

Después de pasar varios días de estar abiertas las flores femeninas perdían receptividad. Respecto al grano de polen se observó que después de pasadas las 24 horas estos emitían el tubo polínico, abortaban y eran infértiles, por lo que perdían vitalidad, lo cual se demuestra en los resultados de la polinización. Tales resultados concuerdan con las observaciones realizadas por Simmond y Shepherd (1955) los que al estudiar la calidad del grano de polen, plantean que éstos tienen que ser frescos con pocas horas de recolectados preferentemente en flores jóvenes aunque dicen que aún no se ha desarrollado una forma exitosa para almacenarlos con la calidad óptima para realizar la polinización.

En estudios desarrollados por Rosales *et al.*, (1991) sobre la polinización y producción de semillas en el clon de banano 'Highgate' plantean que las flores masculinas empleadas para polinizar funcionaron con la misma eficiencia, no importando la edad de las mismas. Estos resultados no coinciden con los reportados por Simmond y Shepherd, (1955) ni con los obtenidos en este trabajo.

Debe tenerse en cuenta además que Shepherd (1960), señaló que aparte de las anomalías meióticas y post-meiótica en este cultivo, una limitante para la fertilidad lo constituye el fallo de la penetración del tubo polínico hasta donde se encontraban los óvulos. Además, señaló otros factores limitantes como la madurez fisiológica y morfológica del estigma o el estilo y otras inhibiciones del crecimiento del tubo polínico dentro del estilo.

En el 'Gross Michel' (AAA), Shepherd (1954), encontró cerca de un 10 % de los óvulos con sacos embrionarios morfológicamente maduros en el tiempo de receptividad de las flores.

Simmonds (1960) reportó su ausencia en mutantes de 'Mysore' (AAB) y 'Bluggoe' (ABB) hasta los 5 días siguientes de la receptividad de las flores.

### **Esquema de cruzamiento.**

Los primeros cruzamientos incluían estirpes silvestres de *Musa Ballbisiana* (BB) y *Musa Acuminata* (AA) (BB de Viet Nam, *Musa Acuminata subsp. malaccensis*) los cuales se cruzaron con los progenitores femeninos 'Highgate' (AAA) y 'Hembra ¾' (AAB), las progenies que se obtuvieron como resultado mostraron resistencia al Mal de Panamá (*Fusarium oxysporum*) y a la Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet.), sin embargo heredaron los defectos del progenitor masculino ya que presentaron racimos asimétricos, dedos cortos y elevado contenido de semillas. Estas progenies fueron desechadas por no poseer valor comercial.

### **Mejoramiento genético de bananos (AAA) y (AAAA).**

#### **Cruzamiento entre el tetraploide 'SH-3436-L9' (AAAA) y el diploide 'BB de Viet Nam' (BB).**

En el mejoramiento genético de bananos (AAA) y (AAAA) no se obtuvieron resultados satisfactorios.

El tetraploide 'SH-3436' (AAAA), es uno de los productos del programa de mejoramiento de la FHIA. A partir de este híbrido se obtuvo en el INIVIT el 'SH-3436-L9' mediante variación somaclonal por cultivo de tejidos. Este clon proviene del 'Highgate' (AAA) al igual que gran cantidad de tetraploides obtenidos por la FHIA, que utilizan este mutante semienano del 'Gross Michel' (AAA) como progenitor femenino ya que no pasa por un proceso normal de meiosis durante la reproducción sexual y contribuye a la formación de híbridos con un gameto sin reducir (3n) y al ser polinizado por diploides (2n) generan tetraploides (4n) (Rowe, 1984).

Cuando se cruzó el progenitor masculino de Viet Nam' (BB) con el progenitor femenino 'SH-3436-L9' (AAAA) se obtuvo como resultado un número pequeño de semillas (1 semilla/racimo) las cuales presentaron endospermos y embriones anormales y no germinaron. El empleo de este progenitor masculino en las primeras etapas de mejoramiento genético no ofreció nada prometedor puesto que ninguna de las progenies obtenidas sobrevivió a la selección en etapas avanzadas de la experimentación y otras no presentaron valor agronómico.

Larter (1947) utilizó especies silvestres de *Musa acuminata* con semillas y obtuvo como resultado progenies tetraploides casi satisfactorias en el aspecto comercial, pero heredaron las características no partenocárpicas del progenitor masculino. Este aspecto constituye una seria desventaja, ya que la dureza de las semillas es un carácter indeseable al consumidor, por lo que las progenies tetraploides deben ser muy estériles en sus características femeninas.



### **Cruzamiento entre el tetraploide 'SH-3436-L9' (AAAA) y los diploides 'Pisang Jary Buaya' (AA) y 'Paka' (AA).**

Cuando se cruzó el 'SH-3436-L9' (AAAA) como progenitor femenino con los progenitores masculinos 'Pisang Jary Buaya' (AA) y 'Paka' (AA) se obtuvo un número ínfimo de semillas, las cuales presentaron embriones y endospermos anormales que no germinaron. Según Rowe (1997) (comunicación personal) esto puede estar dado por trastornos fisiológicos de la planta que afectan la formación de la semilla y que aún no han sido determinados.

### **Cruzamiento entre el triploide 'Highgate' (AAA) y los diploides 'SH-3142' (AA) y 'SH-3362' (AA).**

En los cruzamientos realizados entre el progenitor femenino 'Highgate' (AAA) y los progenitores masculinos 'SH-3142' (AA) y 'SH-3362' (AA) se obtuvieron muy pocas semillas por racimo polinizado (1 a 2 semillas). Las progenies obtenidas de estos cruzamientos murieron en la fase de invernadero.

### **Cruzamiento entre el triploide 'Highgate' (AAA) y el diploide 'Calcuta-4' (AA) y 'Paka' (AA).**

Al emplear el progenitor masculino 'Calcuta-4' (AA) se lograron progenies tetraploides, con frutos sin semillas (partenocárpicos), pero muy pequeños y plantas enanas, las cuales fueron descartadas. Al cruzar este cultivar con el progenitor masculino 'Paka' (AA) no se obtuvieron semillas.

En el programa Hondureño se ha encontrado un híbrido tetraploide resistente a Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet.), el FHIA-02 derivado del grupo Cavendish cv. 'Williams' (AAA). No obstante los clones pertenecientes a este grupo presentan elevada esterilidad femenina.

### **Mejoramiento genético de plátanos (AAB).**

#### **Cruzamiento entre el triploide 'Hembra $\frac{3}{4}$ ' (AAB) los diploides mejorados 'SH-3142' (AA) y 'SH-3362' (AA) y el diploide 'Calcuta-4' (AA).**

Cuando se empleó el cultivar 'Hembra  $\frac{3}{4}$ ' (AAB) como progenitor femenino y se cruzó con los diploides mejorados 'SH-3142' (AA) y 'SH-3362' (AA), el número de semillas que se obtuvo fue de 1 ó 2 por racimo al igual que cuando se polinizó con el progenitor masculino 'Calcuta-4' (AA). Las semillas obtenidas en estos cruzamientos no eran viables.

### **Mejoramiento genético de bananos de cocción (ABB).**

#### **Cruzamiento entre el triploide 'Pelipita' (ABB) y el diploide silvestre 'Pisang Jary Buaya' (AA).**

El mejoramiento genético de bananos de cocción (ABB) incluyó cruzamientos del cultivar 'Pelipita' resistente a Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet.), Mal de Panamá (*Fusarium oxysporum*) y a los nematodos, como progenitor femenino con el progenitor masculino 'Pisang Jary Buaya' (AA) altamente resistente a nematodos. Se obtuvo como resultado una progenie tetraploide de gran altura (más de 3.5 m) con racimos pequeños y dedos asimétricos con calidad no aceptable y la fecha de floración osciló entre 15 y 18 meses después de la plantación. Las plantas obtenidas de este cruzamiento fueron descartadas por las características de los dedos y racimos que mostraron y la gran altura. Por otra parte la resistencia a los nematodos del progenitor masculino 'Pisang Jary Buaya' (AA) fue heredada por la descendencia.

Según Rowe (1997) (comunicación personal), los tetraploides primarios obtenidos de estos cruzamientos (ABB X AA) pueden ser empleados como parentales femeninos para cruzarlos con diploides mejorados de bananos para obtener triploides secundarios y ampliar la diversidad genética.

#### **Cruzamiento entre el triploide 'Pelipita' (ABB) y el diploide 'Calcuta' (AA).**

Al cruzar el clon femenino 'Pelipita' (ABB) con el progenitor masculino 'Calcuta-4' (AA) se obtuvo como resultado progenies que presentaron hojas gruesas y aspecto enano las que no sobrevivieron en invernadero, al parecer eran heptaploides, aunque esto no fue comprobado.

Rowe (1997) argumenta que en cruzamientos realizados en el clon 'Bluggoe' (ABB) con polen de *Musa Acuminata* se obtuvieron semillas con un 20 – 25 % de germinación, sin embargo la mayoría de las progenies presentaron cromosomas anormales, no ocurriendo así cuando se utilizó polen de *Musa balbisiana*.

### **Cruzamiento entre los triploides 'Saba' (ABB) y 'Somaclon Saba' (ABB) con el diploide 'Pisang Jary Buaya' (AA).**

Al cruzar los progenitores femeninos 'Saba' (ABB) y 'Somaclon Saba' (ABB) con el progenitor masculino 'Pisang Jary Buaya' (AA) el número de semilla botánica obtenida fue pequeño y éstas presentaron endospermos reducidos con embriones anormales, las cuales no germinaron.

### **Cruzamiento entre el triploide 'Somaclon Saba' (ABB) con el diploide 'SH-3362' (AA).**

En el cruzamiento del progenitor femenino 'Somaclon Saba' (ABB) con el 'progenitor masculino 'SH-3362' (AA) con alto nivel de resistencia a Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet.) se obtuvo un mayor número de semillas (14.6 por racimo polinizado). Las semillas botánicas obtenidas presentaron endospermos normales con embriones normales. Estas semillas fueron disectadas en el laboratorio y sembradas en diferentes medios de cultivo como se muestra en el acápite 4.5, lográndose de 70 plantas, de las cuales 12 sobrevivieron en invernadero, el resto fueron descartadas por presentar características no deseables como hojas gruesas y plantas enanas. Las plantas llevadas a campo fueron tetraploides con características aceptables de racimo, heredadas del progenitor masculino (pendulares con 9 o 10 manos, 100-120 dedos/racimo). Actualmente se encuentran sembradas en campo en su segundo ciclo de cosecha continuando su evaluación así como su posible valor comercial y comportamiento ante las diferentes plagas y enfermedades que afectan al cultivo. (Figura 15).

### **Caracterización citogenética y molecular de los progenitores e híbridos obtenidos.**

Caracterización citogenética.

Al realizar el estudio de los ápices radiculares de los clones híbridos, se observó en el conteo cromosómico que todas las células analizadas presentaban  $2n=44$  cromosomas lo cual confirma que son clones tetraploides, tomando en consideración que el número básico de la especie es  $x=11$ , según lo planteado por Simmonds (1966), además se pudo observar que eran relativamente pequeños y metacéntricos

### **Diferenciación de híbridos mediante técnicas de AFLP.**

Se detectan 43 fragmentos, de los cuales entre 21-36 fueron polimórficos, los que migraron entre 70-220 pb. Como se puede apreciar en el gel son bien marcadas las diferencias entre los progenitores y los híbridos obtenidos y se destacan además los híbridos más parecidos entre sí (H-5; H-9 y H-12), respecto al bien diferente morfoagronómicamente (H-1), por presentar mayor número de hijos y de hojas a la floración así como el peso del racimo. Sin embargo se pudo definir también diferencias moleculares entre el H-10 y el resto, que no se manifiestan fenotípicamente. Todos los híbridos y progenitores se diferencian del testigo FHIA-18 obtenido por la Fundación Hondureña de Investigaciones Agrícolas (FHIA).

### **CONCLUSIONES**

- ❖ Los clones 'SH-3142' (AA), 'SH-3362' (AA), 'Calcuta-4' (AA), 'Pisang Jary Buaya' (AA) y 'Paka' (AA) son los que mejores resultados ofrecieron en cuanto a: mayor producción de polen, mejores caracteres morfológicos y mejor comportamiento frente a plagas y enfermedades, los que deben emplearse como progenitores masculinos para la obtención de nuevos híbridos de plátanos.
- ❖ Se seleccionaron como progenitores femeninos los clones 'Saba', 'Somaclon Saba' (ABB) y 'Pelipita' (ABB) por presentar mayor producción de semilla botánica con embriones y endospermos normales, además de un mejor comportamiento agronómico.
- ❖ Se obtuvieron 12 híbridos viables de bananos producto del cruzamiento entre los clones 'SH-3362' (AA) como progenitor masculino y el 'Somaclon Saba' (ABB) como progenitor femenino.
- ❖ Se comprobó la presencia de un número cromosómico de  $2n = 44$  en los híbridos obtenidos, con un cariotipo formado por cromosomas pequeños y metacéntricos.
- ❖ En el análisis molecular por AFLP se evidencian claras diferencias entre los híbridos obtenidos en el Programa de Mejoramiento y el híbrido de referencia de la FHIA, tetraploide FHIA-18.
- ❖ La técnica AFLP con tinción de plata resultó una novedosa y eficiente alternativa propuesta para reconocer las diferencias moleculares existentes en los híbridos obtenidos en el Programa de Mejoramiento genético de *Musa* spp.
- ❖ Se diferencian molecularmente dentro de los híbridos analizados el H-1 y H-10.



## RECOMENDACIONES

- ❖ Recomendamos que se apliquen las modificaciones y nuevas valoraciones aportadas al protocolo de hibridación para ejecutarse con los progenitores seleccionados durante los cruzamientos en el actual Programa de Mejoramiento Genético en *Musa* spp.
- ❖ Evaluar el comportamiento de los nuevos híbridos obtenidos frente a las diferentes plagas y enfermedades que afectan al cultivo así como determinar su valor agronómico.

## BIBLIOGRAFIA.

1. DONINI P., M. L. ELIAS, S.M. BOUGOURD Y R.M.KOEBNER. 1997. AFLP fingerprinting reveals differences between template DNA extracted from different plant organs. *Genome* 40: 521-526.
2. FAO. 1999. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Database results. <http://apps1.fao.org/copyright.htm>.
3. FAO. 2000. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Database results. <http://apps1.fao.org/copyright.htm>.
4. HERNÁNDEZ, A. 1995. Nueva Versión de Clasificación de los Suelos de Cuba. Instituto de Suelos de Cuba, La Habana, s/p.
5. IPGRI/INIBAP/CIRAD.1996.Descriptores para el Banano (*Musa spp*). Instituto Internacional de Recursos fitogenéticos, Roma, Italia, Red Internacional para el mejoramiento del Banano y el Plátano. Montpellier, Francia; y el Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement, Montpellier, Francia.
6. KULASEKARAN, M. 1986. Banana breeding. Faculty of Agriculture. Tamil Nadu University, Coimbatore, India.
7. LARTER, L. N.H. 1935. Hybridism in *Musa*. I. Somatic cytology of certain Jamaican seedling. *J. Genetic.*, 297-316.
8. LARTER, L. N.H. 1947. Report on banana breeding . Dep. Agric; Jamaica, Bull; 34, pp.24.
9. MINAGRI. 1994. Instructivo Técnico para el Cultivo del Plátano.
10. OLIVEIRA, SILVA. S; SHEPHERD, K; DANTAS, J. L. L; ALVES, E. J; BORGES, A. L; FONCELLI, M. DE A. OLIVEIRA. 1994. Avances del programa de Investigación en *Musa* en el CNPMF. Paper presented at the Reunión del Comité Asesor regional de INIBAP-LACNET held in 1994 in Santo Domingo, Dominican Republic.
11. RODRÍGUEZ, NODAL. A.1984. Genética, fitomejoramiento y clones de plátano. Producción de plátano. I Curso de Postgrado. 38 p.
12. ROMAN. M. ISABEL. 1988. Estudio de la fertilidad del polen en cultivares de plátano (*Musa spp*). Ciencia y Técnica de la Agricultura. Viandas Tropicales 11 (1).
13. ROSALES, F; COTO, J.C ;ROWE, P. 1991. In: Memorias de la IX Reunión (Anez, B. (ed.); Nava, C (ed.); Sosa. L.(ed.);Jaramillo Cells. R.(ed.)). ACORBAT, Maracaibo (VEN). P 23-233.
14. ROWE, P. 1981. Breeding an intractable crop: bananos.
15. ROWE, P. 1984. Fitomejoramiento de Bananos y Plátanos. En: Plant Breeding Rewinds. Vol. 2 (Janiells, J, ed.). Publicado por: Av Publishing Co. Inc. Panama.
16. ROWE. P. 1997. Comunicación Personal
17. SHEPHERD, K. 1954. Seed fertility of the Gross Michel banana in Jamaica. *Journal of Horticultural Science (Inglaterra)* 29: 1-11.
18. SHEPHERD, K. 1960. seed fertility of edible bananas. *J. Hot Sci.* 35 (1): 6-20.
19. SIMMONDS, N.W. AND K. SHEPERD. 1955. The taxonomy and origin of the cultivated banans. *J. Linn. Soc. Bot.* 55: 302-312.
20. SIMMONDS, N.W. AND K. SHEPERD. 1955. The taxonomy and origin of the cultivated banans. *J. Linn. Soc. Bot.* 55: 302-312.
21. SIMMONDS, N. W. 1966. Bananas. 2 ed. London. Longmaus Green and Co.
22. SIMMONDS. N. W. 1973. Los plátanos. p 427- 446.
23. SWENNEN, R and VUYLSTEKE. 1993. Breeding black sigatoka resistant plantains with a wild banana. *Tropical Agriculture* 70: 74-78.

## USO DE RAPD PARA LA CARACTERIZACIÓN MOLECULAR DE GENOTIPOS DE Musa AAA PROPAGADOS IN VITRO

### USE OF RAPD FOR THE MOLECULAR CHARACTERIZATION OF IN VITRO PROPAGATED GENOTYPES OF Musa AAA

Efraín G. Salazar<sup>1</sup>; José G. Surga<sup>1</sup>; Julio A. Landínez<sup>1</sup>; Gustavo Saldaña<sup>1</sup> & Iselen Trujillo<sup>2</sup>

#### RESUMEN

Con la finalidad de evaluar la variabilidad genética en plantas de banano Musa AAA propagadas *in Vitro*, se aisló el ADN de 15 plantas propagadas a partir de un meristema caulinar cultivado *in Vitro*. El ADN se extrajo de tejido foliar con lisis inicial en buffer CTAB (2%) y separación con cloroformo:alcohol isoamílico (24:1). Se reextrajo el ADN con 1/10 V CTAB (10%) y nueva separación con la mezcla (24:1) y el ADN se precipitó con isopropanol frío. Las amplificaciones se realizaron con 10 primers de anclaje al azar en un termociclador MJResearch PT200. El aislamiento de ADN produjo soluciones con concentraciones mayores a 150ng/ul y permitió la amplificación RAPD de las muestras con los 10 primers seleccionados. Las muestras presentaron patrones de bandas idénticos, comprobándose que no existe variabilidad genética entre las plantas propagadas *in vitro*.

Palabras Claves: RAPD, variabilidad genética, marcadores moleculares, Musa, propagación *in vitro*

#### SUMMARY

In order to study the genetic variability among banana (Musa AAA) plants regenerated *in vitro*, DNA from 15 plants propagated from a single meristem was isolated. DNA was isolated from leaf tissue, lysed with 2% CTAB buffer and separated with 24:1 chloroform:isoamyl alcohol solution. DNA was reisolated from the aqueous phase using 1/10 V 10% CTAB and 1V of the 24:1 chloroform:isoamyl alcohol solution. DNA was precipitated with cold isopropanol. Amplifications were performed with 10 random primers in a PT200 MJRESEARCH thermal cycler. DNA isolation allowed solutions with a concentration higher than 150 ng/ul and RAPD amplification with the 10 selected primers were performed. All the samples had identical RAPD patterns, showing the genetic identity among all the studied plants.

Keywords: RAPD, genetic variability, molecular markers, Musa, *in vitro* propagation

#### INTRODUCCION

Los bananos (Musa AAA) representan una de las especies vegetales cuya propagación mediante técnicas de cultivo *in Vitro* se ha generalizado. Es frecuente obtener la propagación mediante el cultivo *in Vitro* de meristemas, a fin de obtener plantas genéticamente uniformes, con la ventaja adicional de poder obtenerlas libres de patógenos (Domínguez *et al.*, 1995, Cronauer *et al.*, 1984). Sin embargo, la producción masiva de plantas por multiplicación masiva de brotes a partir de ápices caulinares puede generar variabilidad en la progenie obtenida (Giménez *et al.* 2001, Tang y Tai, 2001, Albany *et al.*, 2005) lo cual es ventajoso con fines de mejoramiento genético, pero trae problemas al aplicarse como estrategia de multiplicación masiva.

Las técnicas moleculares basadas en el estudio de ADN, han sido herramientas precisas para caracterizar la variación obtenida en plantas de Musa (Ramage *et al.*, 2005; Crouch *et al.*, 2004) por lo que en el presente trabajo se estudió el uso de marcadores RAPD para el estudio de la variabilidad genética obtenida en plantas de Musa AAA regeneradas *in Vitro* por múltiple brotación de yemas adventicias a partir del cultivo *in Vitro* de meristemas apicales.

<sup>1</sup> Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIA-CENIAP) Zona Universitaria Vía El Limón. Maracay 2101. Venezuela. Email: [esalazar@inia.gob.ve](mailto:esalazar@inia.gob.ve);

<sup>2</sup> IDECYT. Universidad Nacional Experimental Simón Rodríguez. Núcleo El Cují. Altos de La Mariposa. Caracas, Venezuela. [Iselen03@yahoo.com](mailto:Iselen03@yahoo.com)

## MATERIALES Y METODOS

Se utilizaron 15 plantas de Musa AAA cv 'píneo enano' multiplicadas *in Vitro*, provenientes de un mismo meristema caulinar cultivado. El ADN se aisló a partir de 0,5g de tejido foliar, macerado en buffer CTAB 2%, separado por centrifugación en cloroformo:alcohol isoamílico (24:1) a 14000rpm x 5 min. Se realizó una reextracción del ADN del sobrenadante acuoso con 1/10 V CTAB (10%) y centrifugación con 1V de cloroformo:alcohol isoamílico (24:1). El ADN del sobrenadante acuoso se precipitó con 750µl de isopropanol frío toda la noche. El ADN se sedimentó por centrifugación a 6000rpm x 5min y el sedimento fue lavado 3 veces con etanol 70% y finalmente se resuspendió de 30-100 µl de buffer TE (0,1X).

El ADN se llevó a una concentración de 10-20ng/µl y se amplificó en un termociclador MJ RESEARCH PT200. La reacción se hizo con 0.3 µM de cada primer RAPD, 1 µl de ADN, 0,25u de Taq ADN polimerasa (Promega M1665), 200 µM de cada dNTP y 0,02% de BSA. Se utilizaron primers 10mer de las series Operon, y se usaron las secuencias OPA02, OPA04, OPA09, OPB06, OPB07, OPC-13, OPE02, OPF12, OPM05 y OPP03. Las reacciones se amplificaron con un paso inicial de 94°C por 3', seguido de 35 ciclos a 94°C x 1 min, 37° x 30seg y 72° x 2 min, un paso final a 72° x 10 min, y las muestras se mantuvieron a 4°C hasta la separación electroforética en geles de Agarosa 1,5%. Los productos de amplificación fueron visualizados bajo luz ultravioleta teñidos con bromuro de etidio y se analizaron en un digitalizador de imágenes Chemidoc marca Biorad, mediante el programa Quantity One.

## RESULTADOS Y DISCUSION

La extracción de ADN en todas las plantas analizadas arrojó concentraciones superiores a los 150ng/µl (Cuadro 1), por lo que se consideró eficiente el proceso y permitió realizar todas las pruebas RAPD. Al analizar la pureza de los ADN mediante la relación A260/A280, se obtuvo moléculas relativamente puras, con una relación promedio de 1.8 para todos los ADN analizados. Se obtuvo un rango entre 1.69 hasta 1.87, pero todas las muestras pudieron ser amplificadas al usarse de 10 a 20 ng de ADN por cada reacción.

| Cuadro 1. Concentración de ADN aislada a partir de plantas de Musa AAA propagadas <i>in vitro</i> |                        |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|
| NUMERO DE LA MUESTRA                                                                              | CONCENTRACION (ng/ µl) |
| 1                                                                                                 | 152                    |
| 2                                                                                                 | 180                    |
| 3                                                                                                 | 230                    |
| 4                                                                                                 | 310                    |
| 5                                                                                                 | 245                    |
| 6                                                                                                 | 160                    |
| 7                                                                                                 | 190                    |
| 8                                                                                                 | 205                    |
| 9                                                                                                 | 236                    |
| 10                                                                                                | 320                    |
| 11                                                                                                | 198                    |
| 12                                                                                                | 205                    |
| 13                                                                                                | 186                    |
| 14                                                                                                | 197                    |
| 15                                                                                                | 233                    |

Los rendimientos obtenidos son similares a los reportados para esta misma metodología por otros autores (Fraga *et al.*, 2004). El procedimiento utilizado en este trabajo no requiere del uso de Proteinasa K o de ARNasa para la purificación del ADN aislado y la molécula resultante es apropiada para las pruebas RAPD. Las fracciones de ARN que se aíslan no interfieren en el proceso de amplificación.

Las pruebas RAPD demostraron que los materiales analizados presentan un patrón relativamente uniforme para los primers seleccionados (Fig 1), Los materiales analizados aparentemente no

presentan variabilidad entre ellos. Este comportamiento puede deberse a que se seleccionaron plantas provenientes de los primeros ciclos de cultivo, y a que todos los materiales provienen del mismo meristema caulinar. Se espera que no existan variaciones, como en efecto ocurrió en esta prueba. Pero contrario a lo que se señala en la literatura, la multiplicación masiva de yemas de banana se ha traducido en variabilidad genética (Giménez *et al.* 2001, Tang y Tai, 2001, Albany *et al.*, 2005), por lo que los resultados actuales puedan deberse que en los primeros ciclos de multiplicación de las yemas no se ha generado la variabilidad, o que el material seleccionado resulta ser genéticamente más estable que los otros genotipos de musa seleccionados, Se deberá explorar el genoma con mayor cantidad de primers, a fin de constatar la uniformidad genética y descartar que no se vean diferencias porque los primers seleccionados exploren regiones del genoma que son más estables.

## CONCLUSIONES

La metodología de extracción de ADN utilizada, es una metodología sencilla y permitió aislar moléculas apropiadas para ser amplificadas con primers de anclaje al azar. Los RAPD fueron eficientes para caracterizar genéticamente plantas de Musa AAA propagadas *in Vitro* y demostraron que con las pruebas realizadas no se observaron variaciones en los patrones obtenidos para las plantas estudiadas.

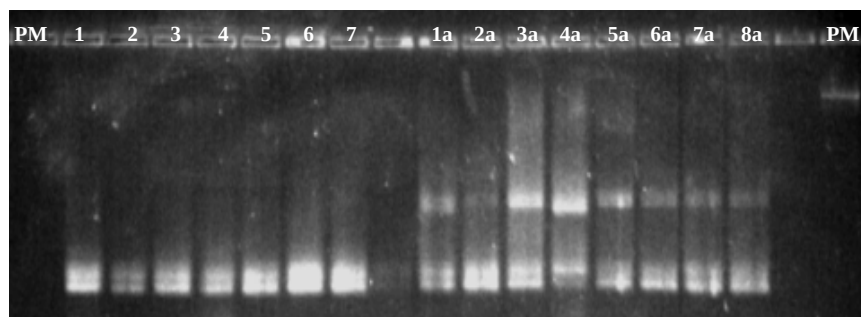


Figura 1. Patrones de banda RAPD obtenidas para 8 muestras de musáceas regeneradas *in vitro*. PM= marcador de peso molecular. 1-7=Plantas de musa amplificadas con OPA-04; 1ª-8ª= plantas de Musa amplificadas con OPA-09

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. ALBANY, N.; VILCHEZ, J.A.; GARCIA, L. Y JIMÉNEZ, E. 2005. Comparative study of morphological parameters of Grand Nain banana (*Musa AAA*) after *in vitro* multiplication with growth retardants. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture* Volume 83, Num. 3 :357 - 361
2. CRONAUER, S.S.; KRIKORIAN, A.D. 1984. Rapid multiplication of bananas and plantains by in vitro shoot tip culture. *HortScience*, Alexandria, v.19, p.234-235,
3. CROUCH, H. K.; CROUCH, J. H.; MADSEN, S.; VUYLSTEKE, D. R. Y ORTIZ, R. 2000. Comparative analysis of phenotypic and genotypic diversity among plantain landraces (*Musa* spp., AAB group). *Theoretical and Applied Genetics*, Volume 101, Issue 7, Pages 1056 – 1065.
4. DOMINGUES, E.T., TULMANN NETO, A. y MENDES, B.M.J. 1995 Shoot tip culture of *Musa* sp. var. Maçã: establishment, micropropagation and rooting. *Sci. agric. (Piracicaba, Braz.)*, vol.52, no.2, p.387-394. ISSN 0103-9016.
5. FRAGA, J., RODRIGUEZ, J., FUENTES, O., CASTEX, M. y FERNANDEZ-CALIENES, A. 2004. Comparación entre 5 métodos para la extracción de ADN de Triatomíneos: su utilización en la técnica de ADN polimórfico amplificado al azar (RAPD). *Rev Cubana Med Trop*, sep.-dic. vol.56, no.3, p.203-207.
6. GIMENEZ, C. ; DE GARCIA, E.; DE ENRECH, N. y BLANCA Isaac · 2001. Somaclonal variation in banana: Cytogenetic and molecular characterization of the somaclonal variant CIEN BTA-03. *In vitro cellular & developmental biology. Plant (In vitro cell. dev. biol.)*, vol. 37, n° 2, pp. 101-132
7. RAMAGE C. M.; BORDA A. M.; HAMILL S. D. y SMITH M. K. 2004. A simplified PCR test for early detection of dwarf off-types in micropropagated Cavendish bananas (*Musa* spp. AAA) *Scientia horticulturae* (Sci. hort.) vol. 103, n°1, pp. 145-151
8. TANG C. Y. y TAI C. H. 2001. Improvement of the horticultural traits of Cavendish banana (*Musa* spp, AAA group) through somaclonal variation. *Tropical agriculture* vol. 78, n°1, pp. 40-47

## DERIVES AUXINIQUES ET PRODUCTION DE BANANE PLANTAIN EN COTE D'IVOIRE

### EFFETS OF AUXINIC DERIVES ON PLANTAIN YIELD IN COTE D'IVOIRE

Louise Turquin<sup>1</sup>; Sévrerin Ake<sup>1</sup>; Pierre Abo Anno<sup>1</sup>; Yao Thomas N'guessan<sup>2</sup> & Etchié Degny<sup>2</sup>

#### RESUME

Une des contraintes majeures à la production en Côte d'Ivoire est le manque "d'unités de plantation" de qualité. Traditionnellement, les planteurs utilisent des rejets baïonnettes. Récemment on s'intéressa à d'autres rejets que sont les rejet-écaïlles ou rejets de type *b*. Ceux-ci stimulés sous des conditions spéciales, s'avérèrent de très bons matériels de plantation. 247 rejets *b* furent traités à l'acide phénoxyacétique ou ses dérivés 16 j durant, puis transférés au champ pour des observations agronomiques. Le test de Newman-Keuls fut appliqué aux résultats pour comparer l'effet des régulateurs de croissance utilisés. La moyenne de production des bananiers traités et celle des témoins furent comparées. Les masses des régimes présentent des différences significatives selon les traitements. Le 2,4-MPA donna les régimes de plus grandes masses et le 3,4-D ceux de plus faibles masses. Les plus basses masses de pulpe furent observées sous le 3,4-D (P2 < 200 g) et les plus fortes sous le 2,4-MPA (P5 > 200 g) où P2 représente la pulpe du doigt médian de la deuxième main et P5 celle du doigt médian de la cinquième main. Les rejets *b* préconditionnés sous hormones constituent un matériel sain et homogène. Leur utilisation permet l'amélioration du rendement. Les produits bénéfiques à la croissance sont par ordre croissant : 3,5-D < 2,4-MPA.

Mot-Clés : plantain, rejet *b*, rendement, acide phénoxyacétique, 3,4-D, 3,5-D, 2,4-MPA.

#### SUMMARY

One major constraint to plantain production in Côte d'Ivoire, is the lack of planting material. Traditionally, plantain producers use the main trunk of the plant. In recent years, attention has been given to so-called type *b* suckers at the base of the main trunk. Stimulated with growth hormones under special conditions, they have proved to be very good planting material. Thus phenoxyacetic acid (PAA) and its analogues (3,4-D), (3,5-D) and (2,4-MPA) were used to treat 247 type *b* suckers which were stimulated for 16 days and transferred to the field for agronomic observations. A Newman-Keuls's test was applied to the results to determine the level of significance of the activity of the growth hormones used. Mean plantain yields were compared to evaluate significant differences between them. Banana bunch weight differed significantly with treatments. The 2,4-MPA treatment gave the highest banana bunch weight, while the 3,4-D treatment recorded the lowest weight. The lowest pulp weight was recored with 3,4-D (P2 < 200 g) while the highest pulp weight was obtained with 2,4-MPA (P5 > 200 g) where P2 represents the pulp of median finger of the second hand and P5 is the pulp of the median finger of the fifth hand. Preconditioned type *b* suckers appear to be a safe and a homogeneous planting material. Using them may lead to an improvement in plantain yield. As far as beneficial effects of growth hormones on plantain are concerned, hormones tested stimulated growth in the following increasing order: 3,5-D < 2,4-MPA.

Keywords: plantain, suckers, yield, phenoxyacetic acid, 3,4-D, 3,5-D, 2,4-MPA.

#### INTRODUCTION

La banane occupe une place importante dans l'alimentation de 400 millions de personnes dans les pays en développement et constitue une réelle source de revenu pour les producteurs (Anonyme 1, 2001). En Côte d'Ivoire, malgré une production de 2 000 000 t/an en Côte d'Ivoire (Anonyme 2, 2005), l'accroissement démographique très rapide, entraîne une demande sans cesse croissante de cette denrée, largement supérieure à l'offre, résultant d'une production insuffisante et saisonnière. Dans les exploitations bananières les facteurs limitant la production peuvent être liés aux agents pathogènes et ravageurs (Koné et al., 2001 ; Monisade, 2003) mais surtout à la disponibilité de "rejet-boutures"

<sup>1</sup> Laboratoire de Physiologie Végétale, UFR Biosciences 22 BP 582 Abidjan Côte d'Ivoire  
E-mail : lturquin@yahoo.fr

<sup>2</sup> Laboratoire de Chimie Organique Structurale, UFR SSMT - Université de Cocody-Abidjan



(Bakelana-Ba et al., 2000). En effet, pour la mise en place de leurs exploitations bananières, les planteurs utilisent des rejets baïonnettes réduits à l'unité par pied-mère, au détriment de nombreux (7 à 8) bourgeons appelés rejet-écaïlles habituellement éliminés. Face au problème de la multiplication liée à la culture du bananier plantain, la culture *in vitro* (Gomez et al., 2000 ; Pérez et al., 2005) et la culture *in vivo* (Van Den, 2001) ont été expérimentées. Ces méthodes présentent certains inconvénients à savoir : un délai de production excédant 4 mois, de plus un coût onéreux pour la culture *in vitro*. Afin de valoriser ces nombreux rejet-écaïlles, il a donc été envisagé une autre voie qui consiste en l'application d'hormones de croissance. C'est ainsi que l'acide phénoxyacétique (APA) et ses dérivés ont été utilisés pour la première fois en vue d'obtenir plus rapidement du matériel de plantation à partir des rejet-écaïlles. Les objectifs de ce travail sont d'une part d'améliorer de la productivité du bananier plantain et d'autre part de résoudre le problème de pénurie saisonnière de la banane plantain.

## MATERIEL ET METHODES

Le matériel végétal utilisé est constitué de rejet-écaïlles de type b ou simplement (rejets *b*) (Turquin, 1999) de bananier plantain cv Corne 1 ; classe des Monocotylédones, famille des *Musaceae*, ordre des Scitaminales et variété *Horn*.

Les rejets prélevés dans la matinée ont été parés et soumis à un pralinage au Némacure à 10% (nématocide). Après séchage, ils ont été calibrés mis en culture, dans des bacs de verre à température élevée, l'aération du milieu de culture a été effectuée, l'évaporation a été minimisée par une cuve de plexiglas et la photopériode a été de 13 h de lumière. Le milieu de culture était constitué d'eau et d'un additif nutritionnel pour les témoins. Ce milieu est complété de substances auxiniques à tester pour les essais. Les composés auxiniques étudiés sont l'acide phénoxyacétique (APA) et ses dérivés acides 3,4-D ; 3,5-D et 2,4-MPA. Trois concentrations (10 $\mu$ M, 0,1  $\mu$ M et 0,001  $\mu$ M) ont été expérimentées. Après 16 jours de culture en milieu hydroponique, les rejets conditionnés sont transférés au champ en vue d'étudier leur comportement agronomique. Les paramètres étudiés ont été : la croissance, le développement et la production.

Les données climatiques enregistrées sont : la température et la pluviosité. Les données agro-pédologiques des parcelles de cultures considérées ont été la granulométrie, le pH et les constituants chimiques.

Les essais dans les conditions naturelles ont lieu à la station d'Azaguié du CNRA. Le schéma expérimental utilisé est un dispositif en bloc de Fisher avec 3 répétitions. Le nombre total de plants observés est de 240 répartis en quinze parcelles élémentaires de 16 plants. Les rejets ont été plantés dans des trous de 30 cm x 30 cm x 30 cm en lignes simples de 3 m sur 2 m. Après la mise en terre, le sol a été soigneusement paillé. En saison sèche, de décembre à avril, une irrigation d'appoint par aspersion a été effectuée deux fois par semaine, à raison de 15 mm d'eau pendant 2h. Un apport d'engrais par pied a été assuré tout au long de la culture. Le désherbage chimique a été effectué durant la culture au 3, 6 et 10<sup>e</sup> mois. Le traitement nématocide par pied, a été réalisé à 1 et 7 mois. Un traitement mensuel systématique contre la cercosporiose a été effectué à partir du deuxième mois. Les observations quotidiennes, hebdomadaires ou mensuelles selon le paramètre considéré, ont démarré à un mois de culture pour s'achever à la récolte.

L'activité d'inhibition et/ou de stimulation, l'évolution des paramètres morphométriques et morphologiques des rejets soumis à l'influence de l'APA ou de ses dérivés a été comparée à celle des rejets témoins. Les moyennes ont été comparées entre elles par une ANOVA pour la recherche de différence significative d'une part, entre les valeurs des cultures témoins et celles de chacun des dérivés, d'autre part entre les différents dérivés, en vue de discriminer leurs effets. L'homogénéité des échantillons a été vérifiée par le test de Newman-Keuls.

## RESULTATS ET DISCUSSION

L'étude de l'évolution dans les conditions naturelles, des jeunes plants prétraités, a concerné divers paramètres : la croissance, le développement et la production. Pour la croissance, les dimensions les plus élevées ont été observées chez les bananiers conditionnés sous le 3,4-D avec une hauteur du pseudo-tronc de 372 $\pm$ 15 cm et une longueur de feuilles de 166 $\pm$ 15 cm. Au niveau du développement, le nombre de feuilles émises (NFE) a été égal à 40 $\pm$ 2 chez les témoins, l'APA et 3,5-D. Le cycle de culture (intervalle plantation-coupe ou IPC) le plus long (474 j) a été observé chez les bananiers issus de rejets prétraités au 3,4-D.

Les résultats présentés, ont été obtenus durant le premier cycle de culture.



Les masses des régimes ont varié selon les traitements. En effet, les masses les plus importantes ont été observées avec les rejets préalablement soumis à l'influence de 3,5-D et de 2,4-MPA ; respectivement  $12 \pm 2$  kg soit 20 t/ha et  $13 \pm 3$  kg soit 22 t/ha (figure 1). Chez les bananiers témoins, la masse moyenne des régimes a été de  $11 \pm 2$  kg soit un rendement de 18,3 t/ha. Celles des régimes provenant de bananiers prétraités par 3,4-D, a été de  $9 \pm 2$  kg, soit 14,9 t/ha ; et enfin, celles de l'APA a été de  $10 \pm 2$  kg, soit 16 t/ha. Les effets de 3,4-D ont été significativement différents de ceux de 2,4-MPA ; ce qui s'est traduit par une influence fortement inhibitrice pour le 3,4-D à l'opposé du 2,4-MPA stimulant (figures 2 A-B).

Le nombre moyen de mains pour un régime de bananes a été de 7. L'APA et ses dérivés n'ont pas présenté d'activité significative sur le nombre de mains des régimes.

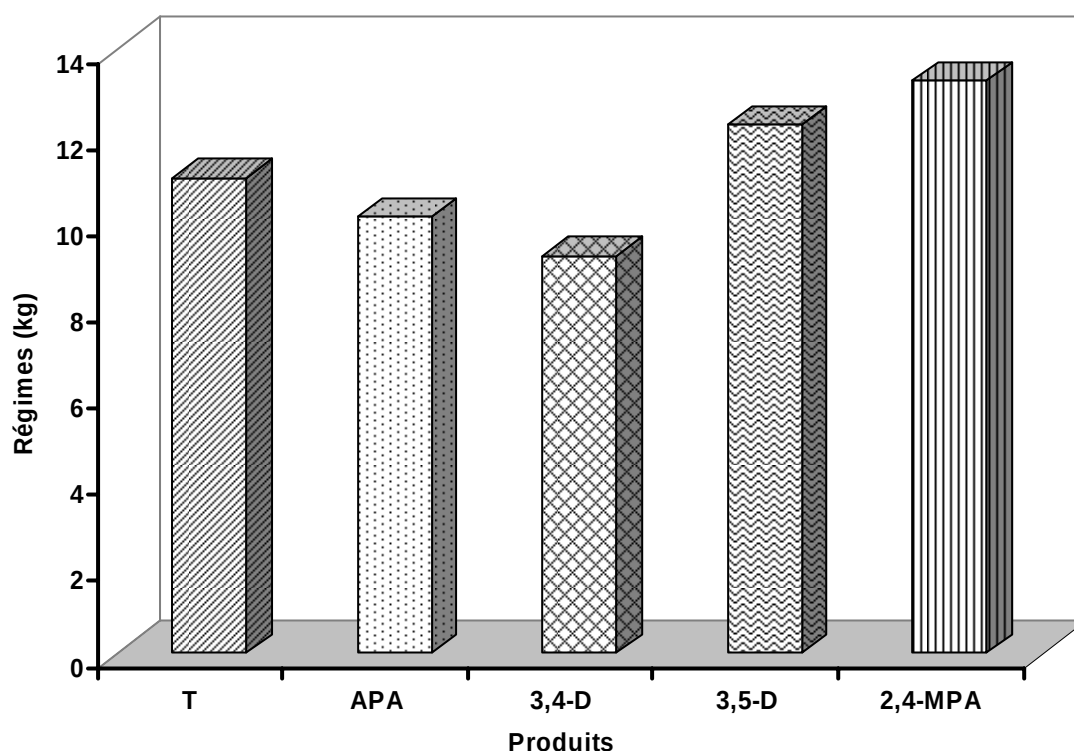


Figure 1. Masse des régimes de bananiers plantain cv Corne 1, issus de rejets soumis à l'influence de l'acide phénoxyacétique et ses dérivés

Les masses des mains ont varié de 3 à 0, 1 kg, de la première à la huitième main. Les effets observés sur la masse des mains ont été similaires à ceux, observés sur la masse des régimes.

Le nombre de doigts par main a varié de 8 à 1, de la première main à la huitième, quel que soit le traitement. L'APA et ses dérivés n'ont pas montré d'effet significatif sur la quantité de doigts par main.

La masse de la pulpe des bananes a varié de 250 g à  $110 \pm 3$  g, du premier doigt moyen au huitième. Les valeurs des témoins ont présenté une différence significative avec celles des traitements 3,4-D. En effet, chez les bananiers soumis à l'influence du 3,4-D, la masse de pulpe a été inférieure à 200 g dès la deuxième main ; ce qui correspondait à la masse de pulpe de la cinquième main des régimes de bananes témoins. Pour les bananes issues des traitements 2,4-MPA, la masse de la pulpe des bananes a été supérieure à 200 g, jusqu'à la sixième main. Chez les bananiers traités avec l'APA, la masse de pulpe de banane était restée inférieure à 200 g au-delà de la deuxième main.

Les données climatiques enregistrées durant la campagne d'étude à Abbé ont mis en évidence des températures maximales moyennes de 32 °C et des minima de 21 °C. L'amplitude thermique tant journalière qu'annuelle, a été assez faible. L'analyse chimique du sol révèle une pauvreté, pour laquelle un apport d'engrais minéral est nécessairement indiqué (potassium).

Nous avons mis en évidence les effets des auxines de synthèse étudiées sur certains paramètres morphologiques.



A



B

Figures 2 A - B. Régimes à maturité de bananiers plantain cv Corne 1, prétraités par les dérivés 3,4-D et 2,4-MPA

A) Régime rabougri obtenu sous traitement hormonal 3,4-D

B) Régime développé obtenu sous traitement hormonal 2,4-MPA

Le retard de croissance au champ, observé sous l'influence du dérivé 3,4-D, s'est caractérisé par un manque de vigueur des bananiers. Ceci s'est traduit par un allongement déséquilibré, anormal de l'appareil végétatif ; ce qui explique les grandes dimensions des bananiers au détriment des fruits.

Le nombre de feuilles émises chez les témoins est de 40 feuilles ce résultat est comparable à celui obtenu chez les rejets baïonnettes de trois cultivars *N'yok korn*, *French* et *Faux-corne* (Anno, 1981).

La production, la masse moyenne des régimes issus rejets baïonnettes de faux Corne est de 9 kg (N'dabalishye, 1995) soit un rendement 14,9 t/ha. La masse moyenne des régimes obtenus à partir des bananiers issus des rejets *b* témoins, est de 11 kg (18,3 t/ha) ; largement supérieure à la masse habituelle ceci, malgré un important déficit hydrique la dernière année. Dans notre cas, la petite taille du rejet semble affecter favorablement la masse du régime. Ces résultats sont différents de ceux, obtenus sur des rejets et rhizomes de 0,6 - 6,3 kg chez cv *Dominico hartón* (Herrera et Belalcázar, 1990) selon lesquels la taille du matériel de plantation n'a aucune influence sur les doigts ni la masse du régime. Cette différence pourrait s'expliquer par les conditions particulières de culture, telle que la culture hydroponique, à température relativement élevée, la présence de substances auxiniques appliquées au stade juvénile du bananier les conditions écologiques des parcelles expérimentales ou par les particularités variétales du cultivar expérimenté cv Corne 1. Les régimes de masses les plus importantes proviennent de bananiers issus de rejets prétraités par le dérivé 2,4-MPA suivi du 3,5-D et les plus faibles du 3,4-D. La différence significative de masse de régimes, observée selon les traitements traduit bien les effets antagonistes de ces trois dérivés.

Les rejets *b* préconditionnés sous l'effet d'hormones, constituent un matériel sain dont l'utilisation peut aider à l'amélioration du rendement par la production de gros régimes de manière durable, les rendements des rejets restant identiques sur plusieurs cycles de culture (Perez, 1992).

## CONCLUSION

1- les rejet-écailles existent en nombre supérieur (7 à 8), à celui des rejets baïonnettes (1) leur utilisation après conditionnement, met à la disposition du planteur, une quantité relativement importante de "semences" de moindre coût par rapport aux "vitroplants" ;

2- Le délai d'aptitude à la mise en terre pour le "*planting*" est de 2 semaines pour les rejet-écailles contre 5 à 6 mois les rejets baïonnettes, vitroplants et vivoplants, d'où un gain de 5 mois minimum pour le démarrage des exploitations bananières ;

- 3- La petite taille des rejet-écailles, en fait un matériel non encombrant et aisément transportable.
- 4- Les résultats exposés ayant concerné uniquement le premier cycle de culture ; la suite de nos travaux permettra certainement de confirmer l'impact bénéfique de l'effet du 2,4-MPA, sur l'accroissement du rendement de manière durable des bananiers et bananiers plantain.
- L'intérêt agronomique des rejet-écailles mis en évidence par nos travaux fait des rejets *b* un **matériel innovateur** qui ouvre la voie d'une **amélioration certaine** de la culture du bananier plantain, offrant ainsi de **nouvelles possibilités aux planteurs**.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Anno A., 1981 Etude des caractéristiques de croissance, en relation avec la floraison, de *Musa corniculata* L. Thèse de Doctorat d'Etat ès Sciences Naturelles. Université de Côte d'Ivoire, n° 62.
2. Anonyme 1. 2001. La banane : aliment et source de revenus. INIBAP SEPTEMBRE 2001.
3. Anonyme 2. 2005. Statistiques de productions végétales de 2000 à 2004. Ministère de l'Agriculture et des Ressources Animales.
4. Bakelana-Ba-Kufimfutu, Vangu P, Mputu K., 2000 Résultats d'une enquête bananière chez les paysans de la République Démocratique du Congo. Infomusa, 9 n°1 p 22.
5. Gomez et coll., 2000. Expression of genes in somatic embryos of banana cv Enano and via genes gus. International Symposium on the Molecular and Cellular Biology of Banana, New York (USA), vol. 3 p 22-25.
6. Herrera, M. A. et Belalcázar, 1990. Evaluación de tamaño de semilla. ICA Informe técnico, p. 39-52.
7. Koné, D., Aké, S., Kobenan, K., Anno, A., P. 2001. Champignons telluriques des bananeraies en Côte d'Ivoire et influence de quelques caractéristiques physico-chimiques du type de sol. Annales de botanique.
8. Monisade Omolara Rotimi, 2003. Incidence des nématodes parasites sur le bananier (*Musa* spp. AAB) au Nigeria et leur effet sur l'état des racines, la croissance des plantes et le rendement. Thèse Katholieke Universiteit Leuven.
9. N'dabalishye, Ildefonse, 1995. Agriculture ouest-africaine à travers le cas de la Côte d'Ivoire. Institut Des Savanes (IDESSA) p. 45-50 ; 80-95.
10. Pérez B. Chong, R. Kosky, M. Reyes Vega, I. Bermúdez Carballoso, J. Gallardo, Colina, M. Freire Seijo, L. Posada Pérez, I. Herrera O'Farril and R. Swennen, 2005. New methodology for the establishment of cell suspensions of 'Grande naine' (AAA). Infomusa 14, n°1 p13-18.
11. Turquin, L., Aké S., Grillet L., Angui L., Anno P., 1999. Growth, histo-cytology and biochemistry of Banana Plantain (*Musa* AAB cv Horn 1). Bud Suckers. Agronomie Africaine, 11 (3), p 115 - 125.
12. Van Den I., Houwe, Kul E., 2001. *Musa* Germoplasm Management Decapititation experiments. Rej.Net working Ban. Plan. Rapp ann., p 8-14.

**STANDARDIZATION OF IN VITRO PRODUCTION TECHNIQUES AND INDUCTION OF SALT TOLERANCE IN BANANA (*Musa* sp.) VAR. NEY POOVAN (AB)****PADRONIZAÇÃO DE TÉCNICAS PARA PRODUÇÃO IN VITRO E INDUÇÃO DE TOLERÂNCIA A SAL EM BANANEIRAS (*Musa* sp.) VAR. NEY POOVAN (AB)**H. Vijayaraghavan<sup>1</sup>; S. Easwaren & J. Karamathullah**SUMMARY**

Attempts have been made to standardize the media for shoot tip culture of banana variety Ney poovan(AB) and also to develop salt tolerant somaclones for further investigation. It has been seen that the Full MS media supplemented with BAP 5.00 combined with Kinetin 0.20 and IAA 2.00 mg/ l registered the highest growth induction of 98.5 per cent. The propagules can be effectively multiplied in half MS media supplemented with Kinetin 0.5+ BAP 5.0 ppm. The MS media with 300 ppm of NaCl incorporation showed decline in growth rate. Elevated NaCl concentrations with 1000, 2000 and 3000 ppm could serve the purpose of developing salt tolerant somaclones.

**Keywords:** culture medium, micropropagation, somaclones

**INTRODUCTION**

Bananas and plantains are important staple food crops for people living in tropical and sub tropical countries. Banana (*Musa paradisiaca* L.) is the second most important fruit in India, next to mango, occupying nearly 1/5th of area under fruits. Banana is cultivated in an area of 83,308 ha with the production of 2782 million tonnes of fruits in Tamil Nadu. It is an important cash crop of Cauvery delta specially cultivated in trench system in an area of 40,000 ha and also an important crop among the sugarcane based cropping systems in Tiruchirapalli district of Tamil Nadu.

The present investigation was primarily aimed to standardize the media and explant for the shoot tip culture of banana variety Ney Poovan ( AB) which is an important delicious banana variety catching the market. The *in vitro* screening and induction for salt tolerance in this particular variety was also attempted in order to develop the salt tolerant lines for further exploitation.

**MATERIALS AND METHODS**

The MS medium was supplemented with various combinations of BAP, Kinetin, and IAA for achieving the desired result. BAP @ 1.00, 2.00, 3.00, 4.00 and 5.00 mg/l, Kinetin @ 0.10, 0.20, 0.50, 1.00 and 2.00mg/l were used with a common IAA concentration of 2.00 ppm. Altogether there were 35 combinations.

The explant includes shoot tip meristem consisting of the portions of rhizome and pseudo stem. The treatments were replicated thrice with ten tubes in each treatment comprising one replication. The inoculations were made in clean aseptic conditions and cultures were incubated in the culture room with a temperature regime of 25 + 2° C and photo period of 16h with 1000 lux light and 8 hr darkness was provided. The observations on the number of days taken for meristem induction were recorded on 15<sup>th</sup> day after inoculation.

For assessing the organogenetic capability of the meristem for multiple shoot production or adventitious shoot formation, four treatments were tried with three replications. The sub culturing was repeated at every 20 days and continued for three cycles. The observations on the days taken for adventitious shoot formation, response % in terms of high frequency bud production were recorded on every cycle up to three sub cultures.

In the second experiment on induction of salt tolerance, the MS media is fortified with different salt concentrations for the purpose of screening. Addition of NaCl was done from 0.0 to 1000 ppm @ 100 ppm increment.. Uniform sized *in vitro* derived multiplying cultures of Ney poovan comprising 3-4 apical buds are transferred in the medium. The growth of the cultures is recorded 14 days after inoculation and the growth rate is assessed as salt index based on the growth score.

In order to improve the salt stress characters, the salt tolerant lines were transferred to the control media for the stabilization of the salt tolerant character. The no. of salt tolerant cultures recovered in

<sup>1</sup> Sugarcane Research Station, Tamil Nadu Agricultural University, Sirugamani-639 115 Tamil Nadu, India, Email: [vijayaraghavanprof@yahoo.co.in](mailto:vijayaraghavanprof@yahoo.co.in)



the stabilization medium is recorded after 30 days of inoculation and expressed as percent recovery of cultures.

## RESULTS AND DISCUSSION

It has been seen that the percent growth of meristem ranged from 10.5 to 98.5. Among the 35 treatment combinations the highest germinability of 98.5 % was recorded in the Full MS medium supplemented with BAP 5.00 combined with Kinetin 0.20 and IAA 2.00 mg/ l indicating the superiority of his treatment for the Ney Poovan variety of banana. Navarro et al., (1997) have reported that the type of explant used and as well as media composition differ from author to author. The genetic improvement of Musa by *in vitro* mutation breeding or genetic engineering requires the efficient regeneration of genetically modified single cells in to complete plants which express the desired characters. Therefore the integration of biotechnology in to banana and plantain improvement programmes requires a reliable cell culture protocol. In the present investigation a rapid protocol has been developed to derive the meristem culture from the shoot tip of side suckers which can be further utilized to develop in to a plantlet and direct regeneration in to adult plant.

The shoot tip culture induced by the Full MS medium supplemented with BAP 5.00 + Kinetin 0.20 + IAA 2.00 ppm is passed on to the adventitious shoot induction stage. For this four different media were tried. The highest significant response of 82.5 percent was observed in Kinetin 0.5+ BAP 5.0 ppm and subsequently the multiplication was done by sub culturing in the same medium for three cycles. The adventitious buds were counted in all the cycles and presented as the ratio of one bud to number of daughter buds produced on 21 days of inoculation. It was seen that highest adventitious buds were produced in the treatment combination of Kinetin 0.5+ BAP 5.0 ppm with a mean bud production rate of seven for every bud inoculated. There fore it was evident that for Ney poovan banana variety the multiplication media must contain half strength MS supplemented with hormones of Kinetin 0.5 + BAP 5.0 ppm.

The production of salt tolerant lines was initiated with the objective to derive the salt tolerant somaclones of banana using *in vitro* techniques. The optimum growth were recorded in NaCl up to 300 ppm, beyond which gradual decline in survival was noticed indicating the lethal effect of NaCl on cell growth. The isolation of salt lines were done in elevated concentrations of 1000, 2000 and 3000 ppm of NaCl for induction of salt tolerance. It was reported that the physiological and biochemical changes in plant tissue in response to different types of osmotic stresses are not completely understood. (Gangopadhyay et al.,1997). The salt lines thus derived have been promoted for multiplication in the normal media. The growth became stable after three passages indicating the occurrence of new homeostatic equilibrium through alteration in cellular metabolism in the adapted calluses which was compatible with the imposed stress. (Leone,etal.,1994). Sub culturing was done for three cycles and the growth and development of cultures indicated that the highest concentration produced excellent growth rate compared to lower salt concentration. This may be due to the highest rate of acclimatization of the acquired character for survival in the salt media. It has been reported that the procedure of step wise adaptation by sequential treatment of calluses from low to high concentrations of NaCl was of added advantage because this procedure helps in the selection of better selection of adapted lines (Collin and Dix, 1990). The salt tolerant soma clones were named as STNPR<sub>1</sub>, STNPR<sub>2</sub> and STNPR<sub>3</sub> indicating the Salt Tolerant Ney Poovan Regenerants (STNPR) developed from the concentrations of 1000 (R<sub>1</sub>), 2000 ( R<sub>2</sub>) and 3000 ( R<sub>3</sub>) and promoted for further testing.

All these lines were multiplied in the same salt concentration and will be attempted to produce salt tolerant plantlets of respective varieties for further evaluation and exploitation.

It can be concluded that by the use of gradual adaptation procedure, NaCl treated cell lines can be established. These cell lines are expected to possess sustained growth and this type of physiological adaptation can result in salt tolerant somaclonal lines which can be further exploited in salt prone areas.

## REFERENCES

1. Collin,H.A. and Dix, P.J. 1990. Culture system and selection procedure. In: Dix,P.J.(Ed) Plant Cell line Selection (pp.3-18) VCH, Weinheim,VCH,NY.
2. Gangopadhyay,G., Basu,s., Mukherjee,B.B. and Gupta, S. 1997. Effects of salt and osmotic shocks on unadapted and adapted callus lines of tobacco. Plant Cell, Tissue and Organ Culture 49: 45-52.
3. Leone, A., Costa, A., Tucci,M. and Grillo,S. 1994. Adaptation versus shock response to poly ethylene glycol induced low water potential in cultured potato cells. Physiol. Plant.92: 21-30.
4. Navarro, C., Rosa, Ma. Escobedo, and Alberto Mayo.1997. In vitro plant regeneration from embryonic cultures of a diploid and triploid cavendish banana. Plant Cell tissue and Organ Culture. 51: 17-25.

## COMPARISON OF BAP AND KINETIN ON PROLIFERATION RATE OF BANANA (*Musa spp.*) CV. BASRAI

## COMPARAÇÃO ENTRE BAP E CINETINA NAS TAXAS DE PROLIFERAÇÃO DE BANANA (*Musa spp.*) CV. BASRAI

Aish Muhammad<sup>1</sup>; Hamid Rashid<sup>1</sup>; Iqbal Hussain<sup>1</sup> & S.M. Saqlan Naqvi<sup>2</sup>

### SUMMARY

The effect of BAP and kinetin alone or in combination with IAA on shoot proliferation of banana cv. Basrai was investigated. Shoot-tips (4-6mm) were excised from field grown suckers to initiate the cultures. The concentration of BAP and kinetin ranged up to 8.0 mg/l each on MS solid or liquid medium. During the use of liquid medium, cultures were agitated continuously on orbital shaker @ 40 rpm. Three sub-culture regimes were employed and after each subculture, no of shoots/explant were counted. The results showed that multiplication rate was significantly ( $p \leq 0.05$ ) dependent upon cytokinin type, its concentration and type of the medium used. The maximum number of shoots/explant (thirteen) was achieved on liquid MS medium containing 4.0 mg/l BAP. There was no significant difference between liquid and solid medium when kinetin was used, however kinetin @ 4.0 mg/l or above yielded significant result as compared to control, 1 and 2 mg/l. When IAA was added in multiplication medium, shoot length increased from 1.3 to 3.9 cm ( $p \leq 0.01$ ) without any increase in number of shoots/explant. The results demonstrated that BAP @ 4.0 mg/l with 1.0 mg/l IAA in liquid medium was best option for shoot multiplication and shoot height during micropropagation of cv. Basrai.

**Keywords:** micropropagation, growth regulators, proliferation

### INTRODUCTION

Banana is an important fruit crop of Pakistan and it is cultivated over an area of 29,700 hectares with annual production of 142900 tones (GOP, 2003). In Pakistan dwarf Cavendish is cultivated on 98% area under banana cultivation. This fruit was introduced from Bombay (India) to Sindh province in 1937, but its commercial cultivation started after partition in 1947. Due to its height pay back value, it was adopted by the farmers and along the left bank of Indus maximum area went under banana cultivation.

During early nineties, banana bunchy top disease (BBTD) was identified in banana growing areas of Pakistan (Soomro *et al.*, 1992). The casual agent of this disease was banana bunchy top virus (BBTV). As banana is vegetatively propagated, BBTV was spread in new fields with planting material. Black aphid (*pentalonia nigronervosa*) is also present in the area, which is vector for BBTV. Moreover strong winds blow from south to north west which also helped in distribution of the virus. Due to BBTD over all banana production declined from 192600 tones in 1990 to 95,7,00 tones in 2000 (GOP 2000). So the future of banana industry in the country is totally dependent upon control of this disease. The ultimate choice was the production of disease free banana plants through *in vitro* techniques. In this study, reproducible system for disease free plant production through tissue culture on MS medium having kinetin and BAP is discussed.

### MATERIALS AND METHODS

Cultures were started from sword suckers of Basrai cultivar, which is cultivated over more than 98% area under banana cultivation in Pakistan. About 30 cm high sword suckers were collected from field. The age of the suckers was about four week and was collected from fruiting plants to maintain maximum uniformity. These suckers were brought to the laboratory and outer leaves were peeled off. When size of the explants was 3 cm height and 1 cm at the base, it was surface sterilized with 2.75% sodium hypochlorite (Clorox) for 10 minutes to which few drops of tween-20 were added. For

<sup>1</sup>Agriculture Biotechnology Programme, National Agriculture Research Centre, Islamabad, Pakistan.

<sup>2</sup>University of Arid Agriculture, Rawalpindi, Pakistan.



maximum contact of NaOCl to the tissues, cultures were kept on shaker so that all parts of tissues may be equally sterilized. After washing with sterile distilled water, further trimming was carried out under aseptic environment (in the laminar flow) to the required size (4-5 mm). For culture initiation MS (1962) medium was used with 2.0 mg/l BAP and 0.1 mg/l IAA. Medium was solidified with gelrite (2 gm/l) and pH of the medium was maintained at 5.7 before autoclaving. Media was dispensed in 250 ml conical flasks, plugged with cotton and autoclaved at 121 °C for 15 minutes. Explants were cultured on the medium in such a way that rhizome part of shoot tip was embedded in the medium. After four weeks when explants were about 2-3 cm long, outer leaves of shoot tips were separated for ELISA testing against BBTV. Virus free explants were transferred on multiplication medium. Multiplication medium was MS having BAP and kinetin @ 0-8 mg/l each. For shoot multiplication liquid and solid medium was used and cultures were kept on continuous shaking @ 40 rpm. Sub culturing was done after every four weeks on the same medium and black part of culture was removed prior to sub culturing. Multiplication was carried up to the third sub culturing to evaluate the type of cytokinin, concentration and type of medium used. The rate of multiplication was calculated as the ratio of shoot number at the end of subculture to the initial number of shoots. After multiplication, the individual shoots were separated from the bunch and transferred to rooting medium. Data was analyzed by MSTAT-C.

## RESULTS AND DISCUSSION

After the initiation, the explants were transferred on different multiplication media in a competently randomized pattern. With out plant growth hormones, shoot tip grew into single plant, which later on regenerated roots. When BAP was added in the medium, swelling was observed at the base of explants, followed by meristematic appearances in individual plants. When cytokinin/auxin ratio of was low, lateral buds from the base of the leaves grew into individual shoots, but at higher cytokinin/auxin ratio adventitious shoot proliferation took place. When BAP concentration was further increased to 8.0 mg/l, despite increase in proliferation rate it decreased indicating adverse effect of BAP, beyond optimal dose.

Results of shoot multiplication at different concentrations of BAP are given table-1. When on control medium no of shoots/explants were 1.3 and 1.2 on solid and liquid medium. With the increase in BAP concentration, no of shoots/explant increased and maximum 4.66 and 6.33 shoots were achieved on solid and liquid medium respectively.

The increase in shoot no was observed with increase in BAP up to 6.0 mg/l, which lowered to 4.75 when BAP was further increased to 8.0 mg/l indicating adverse effect of BAP. Similar proliferation behavior in banana was observed by Vuylstake (1989) and Arinaitwe et al (2000) during multiplication of cvs. Nzizi, Kibuzi and Ndiziwemiti respectively. During *in vitro* multiplication of Ndiziwemiti and Kibuzi, rate of multiplication increased with increased in BAP concentration up to 16µM beyond which it declined suddenly (Arinaitwe et al 2000). Higher concentrations of BAP and kinetin caused necrosis and reduction in shoot formation during *in vitro* multiplication of cv. Nendran (Madhulatha et al 2004) and adventitious shoot formation from Douglas-fir cotyledons (Goldfarb et al 1991).

From the results it was observed that physical state of medium (solid/liquid) also affected shoot multiplication significantly (table -1). In the solid medium the explants could utilize the nutrients from medium which were in direct contact with the explants. Moreover, phenolic secretions accumulated around the explant which also interfered with nutrient uptake. During liquid culture, cultures were kept in continuous shaking, so the nutrients present in the medium were available to the tissues, thus increasing shoot proliferation. Phenolic secreted were dissipated in the medium thus lowering its effect. These results are in agreement with the findings of Bhagya Lakshami and Singh (1995). They multiplied cvs Cavendish, Bluggoe and Silk on MS medium having BAP 8.9 µM and 0.89 µM IBA in liquid and agar gelled medium was better for multiplication. Alvard et al (1993), Madhulatha et al (2004) and Roel et al (2005) achieved maximum multiplication rate by temporary immersion of the explants in higher concentrations of BAP followed by transfer of cultures on solid medium.

From the results it was observed that auxins (IAA) did not affect significantly on shoot proliferation and interaction of IAA with cytokinins and medium phase were also non significant. Roots were induced on medium without or at lower concentrations of BAP. When IAA was added in the medium having 8.0 mg/l BAP callus like swelling was observed at the base of explants but no enhancements in shoot proliferation. The presence of auxins in the medium, influence the cell enlargement root initiation and suppression of lateral bud formation (Jarret et al 1985, Zaffari et al 2000 and Madhulatha et al 2004). Similar response was observed with little differences during *in vitro* present study.

When cultures were shifted on medium having different concentrations of kinetin, the number of shoots increased from 1.33 to 4.58/ explant. The results of analysis of variance (ANOVA) of the shoot

proliferation response of CV Basrai on different media combinations are given in table-2. The increase in kinetin concentration increased the proliferation rate significantly up to 6.0 mg/l. When kinetin was further increased to 8.0 mg/l the mean shoot number decreased to 4.306. At lower concentrations of kinetin, the buds present at base of leaves grew and no adventitious shoots were observed. With the increase in kinetin concentration, apical dominance effect of the cytokinin was observed and adventitious shoots also appeared around the main explant. . The same pattern of shoot multiplication was observed with the increase in kinetin concentration as with BAP but no of shoots were 6.3 on BAP while kinetin could produce 4.3 shoots on the same concentration, which is 44% low. At 8.0 mg/l kinetin no of shoots was 4.306 indicating the adverse effect of cytokinin. These results are in accordance with (Arinaitwe et al. 2000). They were able to achieve maximum of 3.8 shoots/explant on 24.8  $\mu$ m kinetin and this was decreased to 2.1 shoots/explants when kinetin was increased to 28.8  $\mu$ m. From the results it was also observed that type of the medium (solid/liquid) did not effect shoot proliferation significantly (table-2).

When means were compared by least significance difference (LSD) the shoot numbers on media having 4.0, 6.0 and 8.0 mg/l kinetin did not vary significantly. It was observed that there was no significant difference for shoot proliferation on liquid and solid medium (ANOVA). Similarly critical dose of cytokinins was optimized by Madhulatha et al (2004) beyond which proliferation rate was declined. He used BAP and kinetin in combination @ 100mg/l for temporary immersion of explant for 60 minutes and maximum of 12.21 shoots/explants were achieved. When this concentration was increased to 200 mg/l and explant immersion time was same the no of shoots/explant fell to 5.05 indicating adverse effect of cytokinins on shoot proliferation of cv. Nendran.

When kinetin was used in combination with IAA there was no increase in shoot number but plant height increased significantly. On the basis of above results it was recommended that BAP performed better than kinetin for invitro multiplication of cv. Basrai. Variation in the activity of different cytokinins can be explained by their different uptake rate reported in different genomes (Blakesly 1991) varied translocation rates to meristematic regions and metabolic processes in which cytokinin may be degraded or conjugated with sugars or amino acids to form biologically inert compounds as reported by Kaminek (1992). During invitro multiplication of cv Sabri, 3.2 and 2.8 no of shoots were achieved when cultured on MS medium having 5.0 mg/l of BAP and kinetin respectively (Rahman et al 2002). Some researchers are using BAP and kinetin in combination to enhance the rate of multiplication (Gupta, 1986 and Madhulatha et al. 2002). BAP has been found to be the cytokinin of choice for *invitro* multiplication of different banana cultivars (Wong 1986, Banerjee and Sharma 1988, Abdullah et al. Muhammad et al 2004).

## CONCLUSION

The findings in the present study provide a simple and reproducible system for virus free banana plant production and will serve as a baseline to support the banana industry in Pakistan.

## ACKNOWLEDGEMENT

This work was funded by Pakistan Science Foundation of Pakistan(PSF) vide Biotech/36.

## BIBLIOGRAPHY

1. Abdullah. K., I. A. Khan., S. H. Siddiqui., M. Ahmed and K. A. Siddiqui. 1997. *In vitro* culture of Indigenous and Exotic Banana clones for maximum multiplication. Pak. J. Bot.; 29(1): 143-150.
2. Alvard, Cote O F and Teisson C (1993) Comparison of methods of liquid medium culture for banana micropropagation. Plant Cell, Tissue and Organ Cult. 32: 55-60
3. Arinaitwe, G., P.R. Rubaihayo, M.J.S. Magambo (2000). Proliferation rate effects of cytokinins on banana (*Musa* spp.) cultivars. Scientia Horticulturae 86. 13-21.
4. Banerjee, N. and A.K. Sharma (1988). Invitro response as a reflection of genomic diversity in long term cultures of *Musa*. Theoretical and Applied Genetics. 76:733-736.
5. Bhagyalakshmi and N.S. Singh (1994). Role of liquid versus agar-gelled media in mass propagation and ex vitro survival in bananas. Plant Cell, Tissue and Organ Cult. 41(1): 71-73.
6. Blakesly, D. (1991). Uptake and metabolism of 6-benzyladenine in shoot cultures of *Musa* and *Rhododendron*. Plant, Cell, Tissue and Organ Culture. 25: 69-74.
7. GOP, Agricultural Statistics of Pakistan (2002-2003) Published by Ministry of Food, agriculture and Livestock, Pakistan. pp-91

8. Goldfrab, B., G.T. Howe, L.M. Baily, S.H. Strauss and J.B. Zaerr (1991). A liquid cytokinin pulse induces adventitious shoot formation from Douglas-fir cotyledons. *Plant Cell Rep.* 10: 156-160.
9. Gupta, P.P. (1986). Eradication of mosaic disease and rapid clonal multiplication of bananas and plantains through meristem tip culture. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture* 6(1): 33-39.
10. Hamill, D., S.L. Sharrock and M.K. Smith (1993). Comparison of decontamination methods used in initiation of banana tissue cultures from field-collected suckers. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture* 33:343-346.
11. Jarret, R.L., W. Rodriguez, and R. Fernandez. 1985. Evaluation, tissue culture propagation and dissemination of 'Saba' and 'Palpita' plantations in Costa Rica. *Scientia Horticulturae* 25: 137-147.
12. Kaminek, M., (1992). Progress in cytokinin research. *TIBTECH* 10:159-162.
13. Madhulatha P, Anbalagan M, Jayachandran S and Sakthivel N (2004) Influence of Liquid Pulse Treatment with Growth Regulators on in vitro Propagation of Banana (*Musa* spp. AAA): *Plant Cell, Tissue and Organ Culture* 76 (2): 189-192
14. Muhammad, A., I. Hussain, S. M. Saqlan Naqvi & H. Rashid (2004). Banana plantlet production through tissue culture. *Pak. J. Botany* 36(3): 617-620.
15. Murashige, T and Skoog, F (1962) A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiol. Plant.* 15:473-497.
16. Rahman, M.M., M.G. Rabbani, M.A. Rahman and M. Farid Uddin (2002). Invitro shoot multiplication and rooting of banana cv. Sabri. *Pak. J. Biol. Sciences* 5(2): 161-164.
17. Roels, S., M. Escalona, I. Cajas, C. Noceda, R. Rodriguez, M.J. Canal, J. Sandoval and P. Debergh (2005). Optimization of plantain (*Musa* AAB) micropropagation by temporary immersion system. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture* 82: 57-66.
18. Soomro, M. H., S. Khalid and M. Aslam. 1992. Outbreak of banana bunchy top virus in Sindh, Pakistan. *FAO Plant Pro. Bull.*, 40(3): 95-99.
19. Vuylsteke, D. (1989). Shoot tip culture for the propagation, conservation and exchange of *Musa* germplasm. Practical manuals for handling crop germplasm invitro 2. International Board of Plant Genetic Resources, Rome, Italy, 56pp.
20. Wong, W.C. (1986). Invitro propagation of banana (*Musa* spp.): initiation, proliferation and development of shoot-tip cultures on defined media. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture* 6: 159-166
21. Zaffari, G.R., G.B. Kerbauy, J.E. Kraus and E.C. Romano (2000). Hormonal and histological studies related to invitro banana bud formation. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture* 63:187-192.

Table no. 1: Effect of different concentrations of BAP and kinetin on shoot multiplication of banana cv. Basrai during liquid and solid culture medium.

| Conc. of BAP/kin mg/l | No of shoots/explant on medium with BAP | No of shoots/explant on medium with kin | Liquid medium              | Solid medium                |
|-----------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|----------------------------|-----------------------------|
|                       | Liquid medium                           | Solid medium                            |                            |                             |
| 0.0                   | 1.333 ± 0.056 <sup>E</sup>              | 1.389 ± 0.056 <sup>E</sup>              | 1.333 ± 0.098 <sup>B</sup> | 1.333 ± 0.00 <sup>B</sup>   |
| 1.0                   | 1.667 ± 0.223 <sup>E</sup>              | 1.611 ± 0.053 <sup>E</sup>              | 1.389 ± 0.056 <sup>B</sup> | 1.444 ± 0.056 <sup>B</sup>  |
| 2.0                   | 4.167 ± 0.345 <sup>BC</sup>             | 2.944 ± 0.056 <sup>D</sup>              | 2.000 ± 0.193 <sup>B</sup> | 1.833 ± 0.146 <sup>B</sup>  |
| 4.0                   | 5.444 ± 0.335 <sup>A</sup>              | 3.444 ± 0.147 <sup>CD</sup>             | 4.333 ± 0.113 <sup>A</sup> | 4.111 ± 0.482 <sup>A</sup>  |
| 6.0                   | 5.389 ± 0.333 <sup>A</sup>              | 4.889 ± 0.166 <sup>AB</sup>             | 4.722 ± 0.241 <sup>A</sup> | 4.444 ± 0.166 <sup>A</sup>  |
| 8.0                   | 5.111 ± 0.308 <sup>AB</sup>             | 4.389 ± 0.113 <sup>BC</sup>             | 4.056 ± 0.201 <sup>B</sup> | 4.556 ± 0.0421 <sup>A</sup> |

\*= Values having same letters are non significant at p = 0.05.

Table: 2 . Analysis of variance (ANOVA) for shoot multiplication and plant height on MS (solid/liquid) with different concentrations of BAP, kinetin and IAA.

| S. No | Source of variation | Degree of freedom | Mean square           |                         |
|-------|---------------------|-------------------|-----------------------|-------------------------|
|       |                     |                   | No of shoots on BAP   | No of shoots on kinetin |
| 1     | Medium type (M)     | 1                 | 29.630 <sup>***</sup> | 0.019                   |
| 2     | Cytokinin(C)        | 5                 | 94.896 <sup>***</sup> | 87.519 <sup>***</sup>   |
| 3     | M X C               | 5                 | 5.363 <sup>***</sup>  | 0.730                   |
| 4     | IAA (I)             | 2                 | 1.394                 | 4.338                   |
| 5     | C X I               | 10                | 0.566                 | 0.810                   |
| 6     | M X I               | 2                 | 2.532                 | 1.094 <sup>*</sup>      |
| 7     | M X C X I           | 10                | 0.649                 | 0.588                   |
| 8     | Error               | 180               | 2.094                 | 1.074                   |

## COMPRIMENTO DE EXPLANTES E PROTOCOLOS DE ASEPSIA PARA MICROPROPAGAÇÃO DE BANANEIRA 'PRATA-ANÃ'

### EXPLANTS SIZE AND ASEPSIS PROTOCOLS IN THE MICROPROPAGATION OF BANANA PLANT 'PRATA-ANÃ'

Sara de Almeida Rios<sup>1</sup>; Sílvia Nietzsche<sup>2</sup>; Marlon Cristian Toledo Pereira<sup>2</sup>; Adelica Aparecida Xavier<sup>2</sup>;  
Tiago Prates Fernandes<sup>3</sup> & Márcia Maria Dias<sup>4</sup>

#### RESUMO

O aprimoramento constante dos processos de multiplicação *in vitro* de bananeira tem sido essencial para sua aceitação no mercado. O objetivo do presente trabalho foi avaliar dois protocolos de assepsia para a micropropagação de explantes de bananeira 'Prata Anã', de três comprimentos distintos. Meristemas de 1,5 cm, 3,0 cm e 6 cm, submetidos a dois protocolos de assepsia, Des1 e Des2, foram cultivados *in vitro*, no Laboratório de Cultura de Tecidos da UNIMONTES, em Janaúba. Foram utilizados três subcultivos, em intervalos de 30 dias, utilizando o meio MS (Murashige & Skoog, 1962). O delineamento estatístico utilizado foi o inteiramente casualizado, com 5 tratamentos e 4 repetições. Avaliaram-se as porcentagens de contaminações na fase de estabelecimento *in vitro*, o número de explantes produzidos e a taxa multiplicativa. A utilização do protocolo Des2 promoveu redução nos índices de contaminação de 75% para 37,5%, utilizando-se o explante de 3 cm. Os explantes de 3 cm e 6 cm de comprimento proporcionaram o maior acúmulo de plântulas até o 2º subcultivo e a taxa média multiplicativa acumulada por explante viável foi de 3,34 durante o cultivo *in vitro*, independente do tratamento utilizado.

**Palavras Chave:** Musáceas, mudas micropropagadas, contaminação, taxa multiplicativa.

#### SUMMARY

The constant improvement of the banana tree *in vitro* multiplication processes has been essential for its acceptance in the market. The objective of the present work was to evaluate two asepsis protocols to the micropropagation of banana tree explants 'Prata-Anã' of distinct lengths. Meristems of 1,5 cm, 3,0 cm and 6 cm, submitted the two protocols of asepsis, Des1 and Des2, had been cultivated *in vitro*, at UNIMONTES Laboratory of Culture Tissues, in Janaúba. Three sub-cultures, in intervals of 30 days, using MS medium (Murashige & Skoog, 1962) were used. The experimental design was completely randomized, with five treatments and four replicates. The *in vitro* establishment percentage of contamination, number of plantlets produced and the multiplicative rates were evaluated. The Des2 use promoted reduction in the contamination percentage of 75% for 37,5%, using the explant of 3 cm. The explants of 3 cm and 6 cm of length had provided the great plantlet accumulation until 2º sub-culture and the average multiplicative rate, accumulated by viable explant, was 3,34 during the culture *in vitro*, independent of the applied treatment.

**Keywords:** Musaceae, micropropagation, contamination

#### INTRODUÇÃO

A banana (*Musa* spp.) é a fruta mais produzida e consumida em todo o mundo, porém, a produtividade brasileira é considerada baixa, inferior a 10t/ha/ano, devido à falta de variedades melhoradas, condução e manejos adequados dos plantios e, principalmente, a incidência de doenças e pragas (Pereira et al., 1999).

O grande crescimento da bananicultura, ocorrido nos últimos anos, acarretou uma forte demanda por mudas, muitas vezes de origem e qualidade duvidosa (Silva et al., 1999). Esta demanda tem aumentado muito, tanto para a renovação de bananais de regiões produtoras como também para

<sup>1/</sup> Mestranda em Genética e Melhoramento da UFV – CEP 36570-000 Viçosa, MG. E-mail: [sarariosss@yahoo.com.br](mailto:sarariosss@yahoo.com.br).

<sup>2/</sup> Professores Drs., UNIMONTES - Universidade Estadual de Montes Claros, Cx. Postal 91, CEP 39440.000 Janaúba, MG. E-mail: [silvia.nietzsche@unimontes.br](mailto:silvia.nietzsche@unimontes.br).

<sup>3/</sup> Estudantes do Curso de Agronomia da UNIMONTES,

<sup>4/</sup> Mestranda em Fitotecnia da UFLA – CEP 37200-000 Lavras, MG. E-mail: [marciamaridias@bol.com.br](mailto:marciamaridias@bol.com.br)



novas áreas, especialmente nos estados de São Paulo, Minas Gerais e Rio Grande do Norte (Oliveira & Silva, 1997). Porém, a expansão para novas áreas de cultivo tem sido limitada, principalmente pela oferta insuficiente de mudas, assim como pelo baixo padrão fitossanitário das mesmas. Tendo em vista que o sistema de propagação convencional é lento e de baixo rendimento, recentes estudos têm mostrado que a adoção da micropropagação é uma boa alternativa (Souza et al., 1997; Rios et al., 2005).

As mudas micropropagadas apresentam as vantagens de serem multiplicadas em qualquer época do ano, em pequeno espaço físico, serem isentas de patógenos e pragas, proporcionarem homogeneidade nos tratos culturais e colheita devido a sua uniformidade, promoverem aumento na produção, além de alcançarem taxas de multiplicação mais elevadas (Sanada, 1993). Entretanto, o êxito ou o fracasso dependerá de diversos fatores, que devem ser controlados adequadamente durante o processo. O genótipo das cultivares, os meios de cultura, as condições ambientais, o explante, no que diz respeito à fonte, tipo, tamanho, fase e manejo empregado, exercem forte influência nas subseqüentes respostas obtidas *in vitro* (Sandoval Fernández et al., 1991).

Diversos protocolos são propostos pela literatura para otimizar as condições de fitossanidade e produtividade em laboratório de cultivo *in vitro*. Informações geradas pelos trabalhos de Lameira Pinto & Pasqual (1988); Sandoval Fernández (1985) e Orellana, et al. (1991) têm demonstrado que explantes de bananeira tem tido comportamento variável em algumas características no cultivo *in vitro*, principalmente com relação ao número de plântulas e brotos obtidos, quando são utilizados explantes maiores para o estabelecimento. Diante do exposto, o presente trabalho tem como objetivo avaliar dois protocolos de assepsia para a micropropagação de explantes de bananeira 'Prata Anã' de três comprimentos distintos.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Cultivar selecionada

Foi selecionada a cultivar Prata Anã, um triplóide do grupo genômico AAB, que apresenta pseudocaule vigoroso, porte de 2 a 3,5 metros, roseta compacta, frutos com formato de gargalo, tolerante ao frio, dispensa o uso de escoramento e pode atingir 30-35 toneladas/ ha/ ciclo, suscetível a Sigatoka-negra, Sigatoka-amarela e ao mal-do-Panamá (Carvalho, 2004).

### Preparo do explante

Rizomas do tipo chifre foram retirados do matrizeiro da Unimontes, localizado no município de Janaúba, região norte de Minas Gerais, à 15°48'09" de latitude sul e 43°18'32" de longitude oeste, 516 m de altitude. Após seleção das mudas, estas foram conduzidas para a primeira etapa de limpeza mecânica, a qual consistiu na retirada das bainhas foliares e parte do seu rizoma, utilizando material cortante do tipo facão. Ao final do processo, os explantes apresentaram comprimento médio de 12, 10 e 6 cm por 3 cm de diâmetro. Em seguida, os explantes foram conduzidos ao laboratório de Cultura de Tecidos e Células Vegetais da Unimontes. Na segunda etapa de limpeza e assepsia, com auxílio de um bisturi, foi efetuada nova limpeza mecânica, reduzindo os explantes para comprimento de 8, 6 e 3 cm.

### Protocolos de Assepsia

Após as etapas de redução do rizoma e de limpeza mecânica, dois diferentes protocolos de assepsia foram aplicados de forma individualizada na introdução dos explantes. O primeiro tratamento (Des 1) constou da seguinte seqüência: solução de Sulfato de Estreptomicina (SSEP), (0,3 g/L), por 20 minutos, solução fungicida de Derosal (SFD), na concentração de 0,6% p.a. por 20 minutos, álcool comercial (AC), a 92,8% por 60 segundos e agitação por 25 minutos em solução de hipoclorito de sódio (HS), na concentração de 2% PV, adicionada de três gotas de tween para um litro de solução, sempre intercalando triplice lavagem com água estéril e deionizada. No segundo tratamento (Des 2), o processo foi alterado de acordo com a seguinte seqüência: SSEP, por 20 minutos, SFD, por 20 minutos, AC por 60 segundos, solução em agitação com fenol a 10%, por 10 minutos e em seguida agitação por 25 minutos em solução de HS, com a adição de três gotas de tween para um litro de solução. Após os tratamentos, os explantes foram conduzidos à câmara de fluxo laminar para finalizar o processo de limpeza e redução. Nesta fase, os explantes destinados ao protocolo Des 2, foram mergulhados em peróxido de hidrogênio p.a., por 10 segundos.

### Implantação do explante

Na câmara de fluxo laminar, os explantes foram lavados três vezes com água deionizada e autoclavada, reservando-os em água estéril. A seguir efetuou-se a terceira etapa de limpeza mecânica, utilizando pinça e bisturi cirúrgico, deixando gemas com 1,5 cm (E1), 3 cm (E2) e 6 cm (E3) de comprimento. Os explantes foram estabelecidos em tubos de ensaio com 8 mL do meio MS (Murashigue & Skoog, 1962) suplementado com sacarose (30 g.L<sup>-1</sup>), 6- benzilaminopurina (BAP) (7 mg.L<sup>-1</sup>), carvão ativado (2,5 g.L<sup>-1</sup>), Vitaminas do Witte (10 mg.L<sup>-1</sup>), mio-inositol (0,1 g.L<sup>-1</sup>) e agar (7 g.L<sup>-1</sup>).

Na fase de estabilização, os explantes permaneceram em ambiente totalmente escuro durante sete dias, e em seguida, foram mantidos vinte e um dias em sala de cultivo com lâmpadas fluorescentes do tipo super luz do dia (40 Watts), intensidade luminosa de 25 W. m<sup>-2</sup>, temperatura de 25 ± 3°C e fotoperíodo de dias longos (16 horas de luz e oito horas no escuro).

Para a fase de multiplicação, foram utilizados frascos com 10 cm de altura por 6 cm de diâmetro, com 20 mL de meio MS (Murashigue & Skoog, 1962) suplementado com sacarose (30 g.L<sup>-1</sup>), 6- BAP (7 mg.L<sup>-1</sup>), vitaminas do Witte (10 mg.L<sup>-1</sup>), mio inositol (0,1 g.L<sup>-1</sup>) e Ágar (7 g.L<sup>-1</sup>). Esta fase foi composta de três subcultivos, cada um com duração média de 30 dias. No primeiro subcultivo de multiplicação, os explantes E1 foram retirados e cortados longitudinalmente ao meio e as duas metades subcultivadas para novo meio. Já os explantes E2 e E3, foram cortados longitudinalmente ao meio por duas vezes, originando quatro partes. A partir do segundo subcultivo, o processo de multiplicação foi realizado por meio de subcultivos das gemas laterais, sendo efetuada a divisão longitudinal dos explantes sempre que possível, duas, três ou quatro partes, conforme o tamanho do ápice meristemático. Em cada frasco foram dispostos quatro segmentos de meristema.

### Características avaliadas e delineamento estatístico

Avaliaram-se as porcentagens de contaminação na fase de estabelecimento *in vitro*, o número de explantes produzidos e a taxa multiplicativa. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com cinco tratamentos e quatro repetições. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As maiores porcentagens de contaminação foram encontradas para os explantes de 1,5 e 3 cm no protocolo de assepsia Des 1 e para o maior explante, de 6 cm, no protocolo de assepsia Des 2, 62,5%, 75% e 62,5%, respectivamente (Figura 1). Os elevados índices de perdas durante a fase de estabelecimento *in vitro* dos explantes de bananeira, estão de acordo com os resultados obtidos por Oliveira *et al.* (1999). Segundo Oliveira & Silva (1997), em condições normais, as contaminações dos explantes de bananeira têm sido mais elevadas nesta fase que nos cultivos subseqüentes, resultado encontrado também por Lameira, *et al.* (1988), que obtiveram até 73% de contaminação, utilizando explantes de 1,5 cm<sup>3</sup>.

Os protocolos de desinfestação foram 100% eficientes no controle de fungos. As contaminações foram causadas exclusivamente por bactérias apresentando coloração esbranquiçada a creme, resultados semelhantes aos indicados por algumas pesquisas com cultivo *in vitro* em bananeira (Oliveira & Silva, 1997; Oliveira *et al.*, 1999). De acordo com Leifert *et al.* (1994), apesar das perdas iniciais, causadas pelos microrganismos, fungos e leveduras crescem bem em meio de cultura, podendo ser identificados logo no início do cultivo. Entretanto, as contaminações bacterianas, especialmente aquelas que permanecem latentes *in vitro*, ou seja, não apresentam crescimento visível no meio e também ausência de sintomas nos tecidos, tornam-se mais agravantes (Pereira, *et al.*, 2003).

Borges *et al.* (1997) sugerem que o tratamento que as matrizes recebem antes de entrar no laboratório é mais determinante na redução da porcentagem de contaminação do que o tratamento de desinfestação. Desta forma, recomenda-se a condução de um banco de matrizes com adequada drenagem, fertilização, tratamento fitossanitário e tratos culturais, além da assepsia durante a coleta do material vegetal para a introdução em cultivo *in vitro*.

Segundo Leifert *et al.* (1994), tem sido bastante difícil distinguir quando a contaminação é proveniente do explante ou do laboratório. Porém, os indícios sugerem que essas bactérias sejam provenientes dos tecidos de bananeira, devido, principalmente, à frequência com que se manifestam. As bactérias aptas à multiplicação podem ser encontradas nas cavidades subestomatais ou nos espaços intercelulares das plantas, onde ficam protegidas da ação dos agentes de desinfestação, ou, ainda,



latentes nos tecidos vasculares de plantas aparentemente sadias. Isto pode explicar o seu aparecimento ao longo da fase de multiplicação dos tecidos de bananeira.

Não foi possível avaliar, estatisticamente, o comportamento do explante com 6 cm de comprimento, utilizando o protocolo de assepsia Des1, pois a alta porcentagem de contaminação na fase de estabelecimento *in vitro* (94%) eliminou o tratamento.

A utilização do protocolo de assepsia Des 2 promoveu redução nos índices de contaminação de 62,5% para 37,5%, utilizando-se o explante de 1,5 cm e de 75% para 37,5%, utilizando-se o explante de 3 cm. A utilização do fenol, por alterar a permeabilidade seletiva da membrana citoplasmática, causando perda das substâncias intracelulares vitais, e do peróxido de hidrogênio, destruindo componentes vitais da célula, influenciou positivamente no menor índice de contaminação durante o estabelecimento *in vitro* (Pelczar et al., 1996).

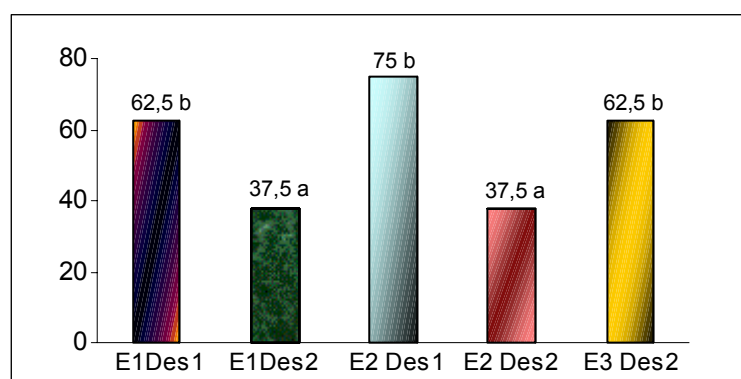


**Figura 1.** Porcentagem de contaminação dos explantes E1, E2 e E3, durante a fase de estabelecimento, nos protocolos de assepsia Des 1 e Des 2.

Vários são os fatores que podem influenciar os índices de contaminação na fase de estabelecimento *in vitro*, dentre os quais podemos citar: o tamanho do explante, a qualidade da muda, a metodologia de assepsia e o manipulador. De acordo com Lameira (1987) quanto menor o tamanho do explante, menor a porcentagem de contaminação.

Quanto à produção de explantes, a média foi de 74,55 explantes por ápice meristemático após três subcultivos (Tabela 1) da variedade estudada neste estudo. Avaliando a mesma característica para a variedade Nanicao, Mendes et al. (1996) obtiveram 676 plantas/explante (variando de 143 a 1850) para a variedade, após seis subcultivos, enquanto Oliveira & Silva (1997) obtiveram uma eficiência de 190 plântulas/explante viável, após o mesmo período.

Considerando que a taxa multiplicativa média do presente trabalho foi de 3,34 explantes nos três subcultivos, estima-se uma produção final de 2777,71 plântulas após o sexto subcultivo. Segundo Jarret (1986) são significativas as variações em relação à capacidade proliferativa *in vitro* dentre as cultivares de banana. Ao final de cinco subcultivos, Sandoval Fernández et al. (1991) obtiveram valores acumulados médios de 95 brotos por explante para a cv. Curararé; 211 para a cv. Dominico; 366 para a cv. Gran Enano e 93 para a cv. Valery. Já Oliveira & Silva (1997) obtiveram médias de 189,2 para a cv. Nanicao e Oliveira et al. (1999) obtiveram 68,38 para a cv. Prata-Anã.

Os explantes com 3 e 6 cm de comprimento, proporcionaram maior número de plântulas até o 2º subcultivo (Tabela 1), em relação ao menor explante testado (1,5 cm). Porém, no 3º subcultivo, não foram detectadas diferenças significativas para número de plântulas produzidas, em função do comprimento do explante utilizado como matriz. Zaffari et al. (1995) observaram que a utilização de explantes grandes (7 a 8 mm) da cv. Grand Naine resultou em um aumento na taxa regenerativa, quando foram utilizadas gemas como explantes, as quais foram seccionadas longitudinalmente em duas partes e submetidas a três incisões longitudinais equidistantes. Por outro lado, Lameira et al. (1988), trabalhando com as cvs. Prata e Nanicao, relataram que o tamanho do explante não influenciou no número de brotos formados.

Houve um aumento do número de explantes com o avanço dos subcultivos (Tabela 1), resultado até então esperado. Segundo Angarita & Perea (1991) este crescimento exponencial do número de plântulas continua nos subcultivos posteriores à sexta geração, e poderia representar um aumento substancial no número de mudas produzidas por matriz, não fosse a ocorrência de variação

somaclonal. O fenômeno da variação somaclonal pode ser definido como uma variabilidade genética gerada durante a cultura *in vitro*, o que corresponde ao aparecimento de plantas anormais durante o processo de multiplicação, principalmente relacionado à estatura, cor, forma e arquitetura das folhas (Israeli, et al., 1991).

A taxa média multiplicativa acumulada por explante viável foi de 3,34 durante o cultivo *in vitro*, independente do tratamento utilizado (Tabela 2). Segundo Banerjee & De Langhe (1985), Vuylsteke & De Langhe (1985) e Wong (1986), citados por Oliveira et al. (2000) a taxa de multiplicação apresenta uma grande variação em função do genótipo e de outros fatores relativos ao cultivo *in vitro*, sendo em geral, obtidas de 2 a 10 plântulas por subcultivo de quatro a cinco semanas. No entanto, segundo Jarret et al. (1985) podem ser obtidas até 31 plântulas por subcultivo.

Alguns relatos indicam que taxas mais elevadas de multiplicação ocorrem entre o 2º e o 6º subcultivo, quando os explantes já se encontram mais adaptados às condições *in vitro* (Oliveira & Silva, 1997; Oliveira et al., 1999). Porém, no presente trabalho, as maiores taxas multiplicativas foram encontradas no 2º subcultivo, para o tamanho de explante de 1,5 cm utilizando-se os protocolos de assepsia Des1 e Des2 (5,45 e 6,19, respectivamente).

Os tratamentos com os explantes maiores, de 3 e 6 cm de comprimento, nos protocolos Des 1 Des 2 (Tabela 2), apresentaram menores taxas multiplicativas no 2º subcultivo, diferindo estatisticamente quando se utilizou o explante menor. Para o 1º subcultivo, o explante com 3 cm de comprimento, apresentou a maior taxa média multiplicativa, independente do protocolo de assepsia utilizado, porém, a taxa no 2º subcultivo foi reduzida para 1,24 em média. Isto pode ser devido a uma aceleração na fase de crescimento ativo destes explantes, advinda das altas taxas multiplicativas no subcultivo anterior. Segundo Grattapaglia & Machado (1998) se uma planta entra, precocemente, nesta fase de crescimento ativo, é provável que com 3 semanas ela entre em senescência ou não apresente mais a mesma taxa de proliferação anterior. Nesse caso, uma repicagem a cada 2,5 semanas com uma taxa de 1:3 é melhor do que uma repicagem a cada 4 semanas com uma taxa de 1:4, ou seja, num período de 20 semanas, o primeiro sistema produziria 6.561 plantas, enquanto o segundo produziria apenas 1.024 plantas.

Tabela 1 - Número de explantes de bananeira 'Prata-Anã', estabelecidos assepticamente nos subcultivos 1, 2 e 3 para os explantes E1 (1,5 cm), E2 (3 cm) e E3 (6 cm), avaliado em dois protocolos de assepsia, Des1 e Des2 (n=4).

| Tratamento | Número de explantes |   |       |   |       |   |
|------------|---------------------|---|-------|---|-------|---|
|            | Subcultivos         |   |       |   |       |   |
|            | 1                   |   | 2     |   | 3     |   |
| E1Des1     | 4                   | b | 10.75 | b | 59    | a |
| E1Des2     | 4                   | b | 12.75 | b | 79    | a |
| E2Des1     | 12.25               | a | 67    | a | 76.5  | a |
| E2Des2     | 16.75               | a | 67.25 | a | 87.5  | a |
| E3Des2     | 15.75               | a | 59    | a | 70.75 | a |
| CV (%)     | 31.71               |   | 26.37 |   | 20.31 |   |

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo Teste Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 2 - Taxas multiplicativas durante o cultivo *in vitro* de bananeira 'Prata-Anã' avaliadas nos subcultivos 0, 1 e 2 para os explantes E1 (1,5 cm), E2 (3 cm) e E3 (6 cm), nos dois protocolos de assepsia, Des1 e Des2 (n=4).

| Tratamentos | Taxa multiplicativa |     |      |     |       |   |
|-------------|---------------------|-----|------|-----|-------|---|
|             | Subcultivos         |     |      |     |       |   |
|             | 0                   |     | 1    |     | 2     |   |
| E1Des1      | 2                   | b   | 2.69 | b   | 5.45  | a |
| E1Des2      | 2                   | b   | 3.19 | b   | 6.19  | a |
| E2Des1      | 3.06                | a b | 5.62 | a   | 1.15  | b |
| E2Des2      | 4.19                | a   | 4.24 | a b | 1.33  | b |
| E3Des2      | 3.94                | a b | 3.8  | b   | 1.21  | b |
| CV (%)      | 28.55               |     | 18.5 |     | 11.29 |   |

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo Teste Tukey a 5% de probabilidade.

## CONCLUSÕES

O protocolo de assepsia utilizando fenol e peróxido de hidrogênio foi mais eficiente na redução da porcentagem de contaminação na fase de estabelecimento *in vitro*, em explantes de bananeira 'Prata-Anã'.

O explante de 3 cm de comprimento apresentou a maior média de plântulas produzidas por matriz e a maior taxa multiplicativa média até o 3º subcultivo.

No terceiro subcultivo de explantes de bananeira 'Prata-Anã', houve uma produção de 74 novos explantes, a partir de uma única plântula, independente do comprimento inicial do explante.

## BIBLIOGRAFIA

1. Angarita, A.; Perea, M. Micropropagación de plátanos y bananos (1991). In: ROCA, W.M.; MROGINSKI, L.A. (Ed.) Cultivo de tejidos en la agricultura. Cali: CIAT. p.495-512.
2. Borges, A.L.; Alves, E.J.; Silva, S. de O. e; Souza, L. da S.; Matos, A.P. de; Fancelli, M.; Oliveira, A.M.G.; Cordeiro, Z.J.M.; Silveira, J.R.S.; Costa, D. da C.; Medina, V.M.; Oliveira, S.L. de; Souza, J. da S.; Oliveira, R.P. de; Cardoso, C.E.L.; Matsuura, F.C.A.U.; Almeida, O. de. (1997). O cultivo da banana. Cruz das Almas : EMBRAPA-CNPMP. 109 p. (Circular Técnica, 27).
3. Carvalho, S.V.M. (2004). Metodologias de assepsia para produção de mudas micropropagadas de diferentes variedades de bananeira (*Musa spp.*). Janaúba. 35p. Monografia – Universidade Estadual de Montes Claros.
4. Grattapaglia, D. & Machado, M.A. (1998). Micropropagação. In: Torres, A.C.; Caldas, L.S.; Buso, J.A. Cultura de tecidos e transformação genética de plantas. Brasília: EMBRAPA/SPI, p. 183-260.
5. Israeli, Y.; Reuveni, O.; Lahav, E. (1991). Qualitative aspects of somaclonal variation by *in vitro* techniques. Scientia Horticulturae, Amsterdam, v. 48, p. 71-88.
6. Jarret, R. L. *In vitro* propagation and conservation of bananas and plantains (1986). In: IBPGR Advisory Committee on *in vitro* Storage, Report of the meeting (Appendix). Roma, Italy.
7. Lameira, O.A.; Pinto, J.E.B.P.; Pasqual, M. (1988). Efeito do tamanho do explante no desenvolvimento *in vitro* da bananeira (*Musa acuminata* Colla) cultivares prata e nanicao. Ciência Prática, Lavras 12/2: 207-211.
8. Leifert, C.; Morris, C.E.; Waites, W. M. (1994). Ecology of microbial saprophytes and pathogens in tissue culture and field grown plants; reasons for contamination problems *in vitro*. Critical Reviews in Plant Sciences 13/2:139-183.
9. Mendes, B.M.J.; Mendes, F.J.; Neto, A.T.; Demetrio, C.G.B.; Puske, O.R. (1996). Efficacy of banana plantlet production by micropropagation. Pesquisa Agropecuária Brasileira 31/12: 863-867.
10. Murashige, T.; Skoog, F.A. (1962). A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. Physiology Plantarum 15: 473-497.
11. Oliveira, R. P.; Silva, S. O. (1997). Avaliação da micropropagação comercial em bananeira. Pesquisa Agropecuária Brasileira 32/4: 415-420.
12. Oliveira, R. P.; Silveira, D.G.; Oliveira e Silva, S. (2000). Efeito de desinfestação e do uso de meios indicadores de contaminação na micropropagação de bananeira. Revista Brasileira de Fruticultura 22/1: 57-61.
13. Oliveira, R. P.; Silveira, D.G.; Silva, K.M.; Vilarinhos, A.D. (1999). Avaliação da micropropagação de genótipos diplóides, triplóides e tetraplóides de bananeira empregando protocolo utilizado em laboratórios comerciais. Revista Brasileira de Fruticultura 21/3: 269-273.
14. Orellana, P.; Perez Ponce, J.; Agramonte, D.; Gomez, R.; Jimenez, E.; Martinez, S.; Almaguer, E.; Gomez, P. (1991). La micropropagación del platano a escala comercial en Cuba. ACEVIV Boletín Científico 3: 29-38.
15. Pelczar, M.J.; Chan, E.C.S. & Krieg, N.R. (1996). Microbiologia: conceitos e aplicações. 2 ed. São Paulo. p. 210-228.
16. Pereira, L. V.; Cordeiro, Z.J.M.; Figueira, A. R.; Hinz, R. H.; Matos, A. P. (1999). Doenças da bananeira. Informe Agropecuário 20/196: 37-47.
17. Pereira, J. E. S. & Fortes, G. R. L. (2003). Toxicidade de antibióticos no cultivo *in vitro* da batata em meios semi-sólido e líquido. Pesquisa Agropecuária Brasileira 38/11:1273-1279.
18. Rios, S.A.; Nietsche, S.; Pereira, M.C.T.; Lima, C. de; Dias, M.M. & Oliveira, J.R. (2005). Avaliação de protocolos de assepsia e diferentes tamanhos de explantes para produção de mudas de bananeira Prata-Anã. In: X CONGRESSO BRASILEIRO DE FISILOGIA VEGETAL E XII CONGRESSO LATINO AMERICANO DE FISILOGIA VEGETAL, 2005, Recife/PE. Anais... Sociedade Brasileira de Fisiologia Vegetal, 2005.
19. Sanada, M. (1993). Micropropagation of semitropical crops and its application to cultivation in Okinawa. In: THIQYNH, N.; UYEN, N.V. (Ed.) Adapted propagation techniques for commercial crops of the tropics. Stockholm. p.101-105.
20. Sandoval Fernández, J. A. (1985). Micropropagación de musáceas. Asbana 9/24: 21-23.
21. Sandoval Fernández, J. A.; Brenes, G.; Perez Sanchez, L. (1991). Micropropagación de plátano y banano ( *Musa* AAB, AAA) en el CATIE. Turrialba, Costa Rica: CATIE. 24p. (CATIE. Serie técnica, Informe Técnico, 186).
22. Silva, C.R.R.; Souto, R. F.; Menegucci, J.L.P. (1999) Propagação da bananeira. Informe Agropecuário 20/196: 16-20.
23. Souza, A. S.; Dantas, J.L.L.; Souza, F. V. D. S.; Cordeiro, Z. J. M.; Silva Neto, S. P. da. Propagação. In: Alves E. J. (org). (1997). A cultura da banana: aspectos técnicos, socioeconômicos e agroindustriais. Brasília: Embrapa-SPI/ Cruz das Almas: Embrapa-CNPMP, p.157-195.
24. Zaffari, G. R.; Soliman Filho, L. F.; Toker, H. 1995. (1995). Efeito do tamanho do explante e da quebra da dominância apical sobre a brotação das gemas laterais na produção de mudas de bananeira *in vitro*. Revista Brasileira de Fruticultura 17/1: 37-42.

## EFFECTO DEL PLANT PRESERVATIVE MIXTURE<sup>MR</sup> (PPM) Y BENCILAMINOPURINA EN LA PROPAGACION *in vitro* DEL PLÁTANO 'MACHO' (*Musa AAB*)

### EFFECT OF PPM<sup>TM</sup> AND BENCYL AMINOPURINE ON *in vitro* PROPAGATION OF MACHO 'PLANTAIN' (*Musa AAB*)

Maria Hilda Pérez Barraza<sup>1</sup>, Víctor Vázquez Valdivia<sup>2</sup> & Jorge A. Osuna García<sup>3</sup>

#### RESUMEN

El cultivo del plátano es el segundo más importante en el estado de Nayarit, México con una superficie de 6,850 ha. Actualmente el plátano 'Macho' está siendo demandado por los productores ya que el precio que alcanza la fruta en el mercado es mejor que el de otros cultivares como Gran Enano (AAA), por lo que obtener una técnica para la propagación *in vitro* de este cultivar es importante para tener plantas en cantidad y calidad y así cubrir la demanda de los productores. El objetivo de este trabajo fue conocer el efecto del Plant Preservative Mixture<sup>MR</sup> (PPM) y Bencilaminopurina (BAP) en la propagación *in vitro* del plátano 'Macho'. En la fase de iniciación y multiplicación, se evaluaron cuatro dosis de PPM (0, 2, 3 y 4 ml/litro de medio) y solo en la de multiplicación cuatro dosis de BAP (4, 6, 8 y 10 mg/litro de medio). Los resultados indican que todas las dosis de PPM redujeron los porcentajes de contaminación, lo que aumenta la posibilidad de propagar *in vitro* este cultivar. Sin embargo, la dosis de 2 ml/l de PPM se considera la mejor dosis desde el punto de vista económico, con una reducción en la contaminación del 94.5 %. En todas las dosis de BAP utilizadas se observó un incremento en la tasa de multiplicación, aunque con la dosis de 8 mg/l la tasa fue de hasta 3.7 brotes por explante a los 118 días después de la iniciación.

**Palabras Claves.** *Musa spp*, cultivo de tejidos vegetales, contaminación, explantes, tasa de multiplicación, citocininas.

#### SUMMARY

Banana is the second more important crop in Nayarit, México with 6,850 hectares. Actually, the 'Macho' plantain is being demanded for farmers because the price of the fruit is better than other cultivars like Grand Naine (AAA). For this reason, it is very important to obtain a technique for *in vitro* propagation of 'Macho' plantain. With that it will be possible to obtain plants in quantity and quality to cover the farmer's demand. The objective of this research was to know the effect of PPM and Bencyl aminopurine (BAP) on *in vitro* propagation of 'Macho' plantain. Four doses of PPM (0, 2, 3 and 4 ml/l) and four doses of BAP (4, 6, 8 and 10 mg/l) were evaluated in the initiation and propagation phases. All PPM doses reduced the contamination percentage from initiation to subcultures of 'Macho' plantain increasing the possibility of *in vitro* propagation of this cultivar. Two ml/l PPM was considered the best dose for economical reasons, with a 94.5 % of reduction in the contamination. All the BAP doses increased the multiplication rate of 'Macho' plantain, however, with 8 mg/l the multiplication rate was 3.7 shoot per explante at 118 days after the initiation fase.

**Keywords:** *Musa spp*, plant tissue culture, explants, contamination, cytokinins

#### INTRODUCCION

El cultivo de las Musáceas es el segundo en importancia en el estado de Nayarit, México con una superficie de 6,850 ha. Los cultivares de mayor importancia son Pera (ABB), Manzano (AAB), Macho (AAB), y Gran Enano (AAA) (SAGARPA, 2005), sobresaliendo el plátano 'Macho' por el precio que logra en el mercado que supera hasta en tres veces a 'Gran Enano'. Esto ha despertado el interés de los productores para aumentar la superficie de este cultivar; por lo que es necesario obtener una metodología para propagarlo *in vitro* y contar con plantas suficientes en cantidad y calidad para atender la demanda de los mismos.

<sup>1</sup> <sup>2</sup> Investigadores de Frutales Tropicales del INIFAP-Nayarit. Campo Experimental Santiago Ixcuintla. Km 6 Carr. Internacional Ent. a Santiago, Santiago Ixc., Nayarit. C. P. 63300. Apdo. Postal 100. [perez.mariahilda@inifap.gob.mx](mailto:perez.mariahilda@inifap.gob.mx); [yazquezv.victor@inifap.gob.mx](mailto:yazquezv.victor@inifap.gob.mx).

<sup>3</sup> Investigador de Poscosecha del INIFAP-Nayarit. Campo Experimental Santiago Ixcuintla. Km 6 Carr. Internacional Ent. a Santiago, Santiago Ixc., Nayarit. C. P. 63300. Apdo. Postal 100. [osuna.jorgealberto@inifap.gob.mx](mailto:osuna.jorgealberto@inifap.gob.mx).



A pesar de que se cuenta con tecnologías o protocolos para propagar plantas *in vitro* de 'Gran Enano', (Robles, 1993) y otros cultivares (Daquita *et al.*, 2000) no ha sido posible validarlas en el plátano 'Macho' porque se presenta un alto porcentaje de contaminación (80%) y baja tasa de multiplicación (1.8).

Uno de los principales problemas que afectan la técnica del cultivo de tejidos vegetales en plátano y otras plantas, es la contaminación bien sea ocasionada por hongos y/o bacterias, siendo éste uno de los problemas fuertes encontrados en el plátano 'Macho'. Al respecto, Surga y Guevara, (1994) realizaron un estudio para disminuir la contaminación bacteriana de tipo endógeno en los clones de plátano 'Poyo' y 'Pineo Gigante', para lo cual utilizaron hipoclorito de sodio en concentraciones de 60, 90, y 120 g/l y dos tiempo de aplicación (30 y 120 min), agua oxigenada (60, 120 y 360 min) y una mezcla de antibiótico-antifúngico en el medio de cultivo. Evaluaron también el efecto del tamaño del explante en la contaminación; sin embargo, los tratamientos utilizados no fueron eficientes en controlar la contaminación ya que ésta se presentó de un 90 a 100% y solo disminuyendo el tamaño del explante se logró reducir el porcentaje de contaminación hasta en un 85 %. Por su parte, Yerman y Macleod (1977) mencionan que el uso de antibióticos en el medio de cultivo no es recomendado por el efecto que pudieran tener estos productos sobre el crecimiento de las células.

Por otro lado, los reguladores del crecimiento en el medio de cultivo juegan un papel esencial. La concentración y balance de auxinas y citocininas hacen posible dirigir el desarrollo del tejido produciendo diferentes respuestas morfogénicas. Así, durante la fase de multiplicación del plátano la adición de citocininas al medio de cultivo es fundamental para lograr una adecuada tasa de multiplicación; la bencil adenina (BA) y la bencil aminopurina (BAP) son dos de los reguladores más usados (Gamborg *et al.*, 1976).

En plátano 'Dominico Harton' con la adición de 4 mg/l de BAP al medio de cultivo se alcanzó una tasa de multiplicación de 3.06 en el quinto subcultivo (Valencia, 2001), mientras que en 'Dominico', desarrollado bajo condiciones de Nayarit se obtuvo un incremento de 63 % en la tasa de multiplicación con una dosis de 8 mg/l de BAP en el medio de cultivo (Pérez y Vázquez, 2004).

El efecto del número de subcultivos también ha sido estudiado en clones de banano. Jambhale *et al.* (2001) consideran que ocho subcultivos es adecuado en la micropropagación de clones de banano, ya que en los subcultivos 10, 12 y 14 encontraron variantes en varios clones como reducción en el número y tamaño de las hojas y pseudotallo y diferencias en el color de las hojas (verde tierno, amarillo pálido y amarillo). Por otro lado, Surga (1988), mediante la técnica de cultivo *in vitro* de tejido meristemático liberó el virus del mosaico en los clones de plátano 'Poyo' y 'Giant Cavendish', el medio utilizado fue el de Murashige y Skoog, suplementado con bencil adenina (3 mg/l).

Otros métodos de propagación con la adición de bencil aminopurina o bencil adenina, también han sido estudiados en banano como la multiplicación *in vitro* por sistema de inmersión temporal (SIT). Los índices o tasas de multiplicación obtenidos han sido de 8.4 y 11.2 en los cultivares Williams y Plátano Hartón, respectivamente (Colmenares y Jiménez, 2003), mientras que en el clon Cmsa ¾ (*Musa* AAB) se obtuvo 5.3 veces más brotes que con el método tradicional (Cejas *et al.*, 2004). También se ha observado que se logra un mayor porcentaje de supervivencia y se mejora la calidad fisiológica de las plantas en bananos 'Williams' y 'Giant Cavendish', la tasa obtenida en estos materiales fue de 9.4 con 5 mg/l de BA en el medio de cultivo (Castro *et al.*, 2002). Por su parte, Manzur (2001) logró la propagación masiva *in situ* en el banano FHIA-20 usando bencil aminopurina, en 8 meses obtuvo 780 plantas de 5 hijuelos.

El objetivo de este trabajo fue conocer el efecto de diferentes dosis de PPM y BAP sobre la contaminación y multiplicación *in vitro* del plátano 'Macho' (*Musa* AAB).

## MATERIALES Y METODOS

El presente trabajo se realizó durante el 2005, en el laboratorio de cultivo de tejidos vegetales, del Campo Experimental Santiago Ixcuintla del INIFAP en Nayarit y forma parte de las actividades del proyecto "Introducción y evaluación de cultivares de plátano tolerantes a la sigatoka negra y transformación genética del plátano".

Se utilizaron plantas (hijuelos) de plátano 'Macho', obtenidos de huertos comerciales de productores de la localidad de Santa Cruz, municipio de San Blas, México. Se llevaron a cabo dos experimentos: Uno con diferentes dosis de PPM<sup>MR</sup> (PhytoTechnology Laboratories, LLC) para disminuir la contaminación y otro con dosis de BAP para la multiplicación de explantes. En ambos experimentos se utilizó un diseño experimental completamente al azar, evaluando cuatro tratamientos con ocho repeticiones en el primer caso y 10 en el segundo, en ambos experimentos cada repetición estuvo constituida por cinco explantes. Los tratamientos consistieron en cuatro dosis de PPM (0, 2, 3 y 4 ml



por litro de medio de cultivo, en iniciación y multiplicación) y BAP (4, 6, 8 y 10 mg/litro) en la fase de multiplicación, considerando la dosis de 4 mg como testigo en el segundo experimento.

Las fases de la propagación fueron las siguientes: Desinfección de explantes. Se llevaron a cabo dos períodos de desinfección, uno en la sala de desinfección y la otra en la campana de flujo laminar utilizando hipoclorito de sodio. Después de esta segunda desinfección, los explantes fueron reducidos hasta un tamaño de 5 a 10 mm se colocaron en una solución antioxidante durante 10 min y se procedió a sembrar. La siembra se realizó en tubos de ensaye conteniendo un medio de cultivo Murashige y Skoog (1962) (MS) adicionado con 1 mg de BAP/litro de medio más las diferentes dosis de PPM de acuerdo a cada tratamiento utilizado (0, 2, 3 y 4 ml/l), el explante permaneció en esta fase 30 días. En la fase de multiplicación se dieron hasta ocho subcultivos utilizando en cada uno el medio de cultivo MS, adicionado con las diferentes dosis de BAP (4, 6, 8, y 10 mg); los subcultivos se realizaron cada 22 días. En todas las fases, las plantas estuvieron en una sala de incubación a una temperatura de  $26 \pm 1$  °C con 16 horas luz y ocho de oscuridad.

Desde iniciación y en cada uno de los subcultivos o ensayos, las variables evaluadas fueron: Número de explantes contaminados, porcentaje de sobrevivencia, número de brotes por explante, tasa de multiplicación y tamaño de los brotes.

## RESULTADOS Y DISCUSION

### Efecto del PPM sobre la contaminación

En el Cuadro 1 se muestran los resultados obtenidos del efecto del PPM sobre la contaminación desde el establecimiento inicial del explante y en los subcultivos posteriores. Se observó un porcentaje de contaminación de 1.3 % en promedio al agregar 4 ml de PPM por litro de medio de cultivo y 2.8 % al agregar 3 ml/l, siendo estos dos tratamientos estadísticamente iguales y donde se encontró el menor porcentaje de explantes contaminados; el porcentaje de contaminación con la dosis de 2 ml/l de PPM fue de 5.5 %, el cual es aún aceptable y resultaría el más económico al utilizar la dosis más baja ya que el costo del producto es alto. En el testigo se obtuvo un 40.5 % de explantes contaminados, siendo un alto porcentaje, ya que casi la mitad de ellos no sobreviven ocasionando una fuerte reducción en la cantidad de plantas a propagar (Cuadro 1). En otros trabajos realizados para reducir la contaminación bacteriana mediante una mezcla de antibiótico-antifúngico, no encontraron resultados positivos, ya que ninguno de los productos logró reducir la contaminación y solo reduciendo el tamaño del explante lograron reducir en un 85 % la contaminación (Surga y Guevara, 1994)

Cuadro 1. Efecto del PPM en el porcentaje de contaminación del plátano 'Macho'. Nayarit, México, 2005.

| Dosis de PPM (ml/l) <sup>z</sup> | Contaminación <sup>y</sup><br>(%) | Reducción en la<br>contaminación (%) |
|----------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|
| 2                                | 5.5 b                             | 94.5                                 |
| 3                                | 2.8 c                             | 97.2                                 |
| 4                                | 1.3 c                             | 98.7                                 |
| 0                                | 40.5 a                            | 59.5                                 |

<sup>z</sup> Mililitros por litro de medio de cultivo MS

<sup>y</sup> Promedio de cuatro ensayos (iniciación y tres subcultivos).

<sup>x</sup> Medias con la misma letra entre columnas son iguales estadísticamente (Tukey,  $P \leq 0.05$ )

Con relación al tamaño de los brotes, los más grandes se obtuvieron con la dosis de 3 ml/l de PPM con una longitud de 5.3 cm y de 4.6 cm para los testigos siendo estadísticamente iguales; con las dosis de 2 y 4 ml/l el tamaño del explante fue de 3.6 y 3.3 cm, respectivamente; en el diámetro del explante no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos (Figura 1).

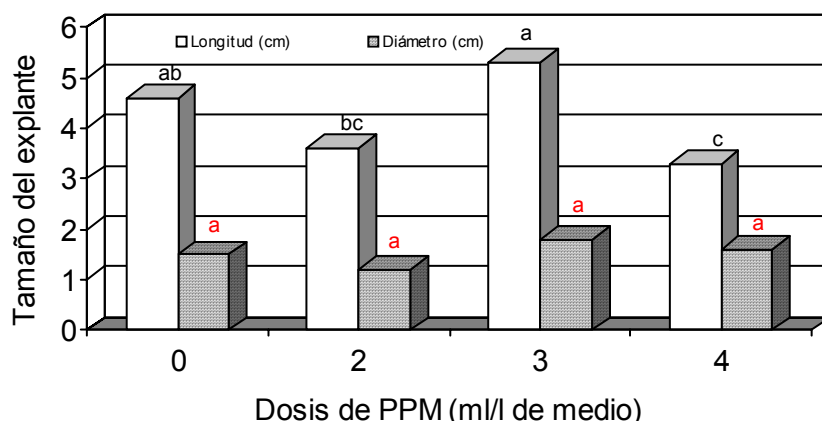


Figura 1. Efecto del PPM en el tamaño del explante a los 52 días después de la siembra. Nayarit, México. 2005

### Efecto del BAP sobre la multiplicación

A los 96 días después de la siembra la tasa de multiplicación fue de 2.8 brotes por explantes al agregar 8 mg de BAP por litro de medio de cultivo, siendo la más alta obtenida, pero fue estadísticamente igual a la obtenida con 10 mg/l (2.2). Con la dosis de 6 mg/l se obtuvo una tasa de 2.1 y de 1.8 con 4 mg/l (testigo). La mayoría de los brotes obtenidos en este periodo, oscilaron entre menores de 1 hasta 2 cm; el número de brotes menores de 1 cm fue mayor con las dosis de 6, 8 y 10 mg/l de BAP con 4.3, 4.9 y 4.5 brotes, comparada con la de 4 mg/l que solo se obtuvieron 2.7 brotes, mientras que la mayor cantidad de brotes entre 1 y 2 cm se obtuvo con la dosis de 8 mg/l (Cuadro 2).

Cuadro 2. Efecto del BAP en la tasa de multiplicación (brotes/explante) y tamaño del brote en plátano 'Macho' a los 96 días después de la iniciación. Nayarit, México. 2005

| Dosis de BAP (mg/l) | Tasa de multiplicación | No. de brotes/ explantes y longitud de brotes (cm) |              |              |              |              |
|---------------------|------------------------|----------------------------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|                     |                        | < de 1 cm                                          | > de 1 y ≤ 2 | > de 2 y ≤ 3 | > de 3 y ≤ 4 | > de 4 y ≤ 5 |
| 4                   | 1.8 b <sup>z</sup>     | 2.7 b                                              | 2.4 a        | 0.9 a        | 0.3 b        | 0.2 a        |
| 6                   | 2.1 b                  | 4.3 a                                              | 2.1 a        | 1.9 a        | 0.4 ab       | 0.4 a        |
| 8                   | 2.8 a                  | 4.9 a                                              | 3.6 b        | 1.8 a        | 0.4 ab       | 0.3 a        |
| 10                  | 2.2 ab                 | 4.5 a                                              | 2.1 a        | 2.3 a        | 1.2 a        | 0.4 a        |
| Significancia       | *                      | *                                                  | *            | ns           | **           | ns           |

<sup>z</sup> Medias con la misma letra entre columnas son iguales estadísticamente (Tukey, P≤0.05)

A los 118 días después de la siembra, la tasa de multiplicación aumentó hasta 3.3 brotes por explante con la dosis de 6 mg/l, 3.5 con 10 mg/l y hasta 3.7 con 8 mg/l (Cuadro 2). Sin embargo, con la dosis testigo (4 mg/l) se obtuvieron 1.9 brotes por explante, siendo estadísticamente la menor tasa de multiplicación encontrada (Cuadro 3). Los resultados indican que se tiene un incremento (74 – 95 %) en la tasa de multiplicación de plátano 'Macho' al aumentar la dosis de BAP en el medio de cultivo.

En cuanto al tamaño de los brotes, la mayoría de ellos se encontró en el rango de menores de un 1 hasta 2 cm al igual que a los 96 días. Se obtuvieron 5.6, 9.0 y 9.4 brotes menores o iguales a 1 cm con las dosis de 6, 8 y 10 mg/l de BAP, mientras que con la dosis de 4 mg se obtuvieron 3.9 brotes de ese tamaño. La mayoría de brotes entre 1 y 2 cm se obtuvo con las dosis de 6 y 8 mg/l (5.6 y 5.2 brotes, respectivamente) comparada con la dosis de 10 y 4 mg/L (2.7 brotes) siendo estadísticamente iguales. En brotes de mayor tamaño, no se encontraron diferencias estadísticas entre los tratamientos (Cuadro 3).

Cuadro 3. Efecto del BAP en la tasa de multiplicación (brotes/explante) y tamaño del brote en plátano 'Macho' a los 118 días después de la iniciación. Nayarit, México. 2005

| Dosis de BAP (mg/l) | Tasa de multiplicación | No. de brotes/ explantes y longitud de brotes (cm) |              |              |              |              |
|---------------------|------------------------|----------------------------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|                     |                        | < de 1 cm                                          | > de 1 y ≤ 2 | > de 2 y ≤ 3 | > de 3 y ≤ 4 | > de 4 y ≤ 5 |
| 4                   | 1.9 b <sup>z</sup>     | 3.9 a                                              | 2.7 b        | 1.0 a        | 0.0 a        | 0.0 a        |
| 6                   | 3.3 a                  | 5.6 ab                                             | 5.6 a        | 1.9 a        | 1.0 a        | 0.2 a        |
| 8                   | 3.7 a                  | 9.0 b                                              | 5.2 a        | 0.8 a        | 0.4 a        | 0.0 a        |
| 10                  | 3.5 a                  | 9.4 b                                              | 2.7 b        | 0.2 a        | 0.4 a        | 1.2 a        |
| Significancia       | **                     | **                                                 | *            | ns           | ns           | ns           |

<sup>z</sup> Medias con la misma letra entre columnas son iguales estadísticamente (Tukey, P≤0.05)

En 'Gran Enano' con la dosis de 4 mg/l de BAP, se tiene una tasa de multiplicación de 3.4 brotes por explante (Robles, 1993), mientras que en el plátano 'Macho' esta es muy baja (1.9). Sin embargo, en otros cultivares también han logrado aumentar la tasa de multiplicación al aumentar la concentración de BAP, por ejemplo en 'Dominico' se obtuvo una tasa de 3.2 brotes por explante con 8 mg/l de BAP (Pérez y Vázquez, 2004) logrando un incremento del 63% en la tasa de multiplicación. Por otro lado, en el plátano Hartón, Valencia (2001) logró una tasa de multiplicación de 3.06 en el quinto subcultivo adicionando 4 mg/l de BAP. No obstante, con el sistema de inmersión temporal y la adición de bencil aminopurina al medio de cultivo se han logrado tasas de multiplicación hasta de 8.4 en el cultivar Williams, 11.2 en plátano Hartón (Colmenares y Jiménez, 2003) y 5.3 en el clon Cemsa ¾ (Cejas *et al.*, 2004). Esto indica que la respuesta al BAP puede estar en función del cultivar y probablemente las condiciones del lugar donde se desarrolle la propagación *in vitro*.

Otros métodos de propagación con la adición de bencil aminopurina o bencil adenina, también han sido estudiados en banano como la multiplicación *in vitro* por sistema de inmersión temporal (SIT). Los índices o tasas de multiplicación obtenidos han sido de 8.4 y 11.2 en los cultivares Williams y Plátano Hartón, respectivamente (Colmenares y Giménez, 2003), mientras que en el clon Cemsa ¾ (*Musa* AAB) se obtuvo 5.3 veces más brotes que con el método tradicional (Cejas *et al.*, 2004).

## CONCLUSIONES

1. Todas las dosis de PPM redujeron fuertemente el porcentaje de contaminación tanto en la iniciación como en los subcultivos del plátano 'Macho', aumentando la posibilidad de propagar este cultivar por cultivo de tejido.
2. La dosis de 2 mg/l se considera la más viable por razones económicas, ya que la cantidad de producto a utilizar es menor y el porcentaje de contaminación obtenido es todavía permisible en la propagación *in vitro* del plátano.
3. Cualquiera de las dosis utilizadas de BAP incrementó la tasa de multiplicación del plátano 'Macho', pudiendo utilizarse para la propagación *in vitro* la dosis de 6 mg/l ya que aseguraría una cantidad adecuada de plantas propagadas y el costo del producto sería menor que si se utiliza 8 ó 10 mg.

## AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Fondo Mixto de Fomento a la Investigación Científica y Tecnológica CONACYT - Gobierno del Estado de Nayarit" y a la Fundación Produce Nayarit, A. C., el financiamiento para realizar el presente trabajo bajo el proyecto de "Introducción y evaluación de cultivares de plátano tolerantes a sigatoka negra y transformación genética del plátano" con clave NAYARIT-2003-C01-9403.

## BIBLIOGRAFIA

1. Castro, D., Díaz, J. y Montoya, N. 2002. Propagación clonal de bananos en Biorreactores de Inmersión Temporal. In: Memorias de la XV reunión ACORBAT 2002. Cartagena de Indias, Colombia, 27 de octubre al 2 de noviembre. Medellín (COL). pp. 44-48.
2. Cejas, I.; Capote, I.; Escalona, M.; Noceda, C.; Rodríguez, R.; Cañal, M. J.; Sandoval, J.; Roels, S. y Debergh, P. 2004. Protocolo para la proliferación del plátano *Musa AAB* (CEMSA ¾) em biorreactores de inmersión temporal. Memorias de la XVI Reunión Internacional de ACORBAT. 26 de sep. – 1º. de octubre. Oaxaca, México. pp:1-7.
3. Colmenares, M. y Giménez, C. 2003. Multiplicación *in vitro* *Musa spp.*, mediante sistema de inmersión temporal. Rev. Fac. Agron. (LUZ). 20:468-477.
4. Daquita, M.; Lescano, Y.; Escalona, M.; y Santos, R. 2000. Multiplicación *in vitro* de banano FHIA-18 con paclobutrazol y thidiazuron en diferentes formas de cultivo. Rev. Brasileira de Fruticultura 22(1): 86-88.
5. Gamborg, O.L., Murashige, T., Thorpe, T.A. and Vasil, J.K. 1976. Plant tissue culture media. *In vitro*. 12(2):473-478.
6. Jambhale, N.D., Patil, S.C., Jadhav, A.S., Pawar, S.V. and Waghmode, B.D. 2001. Effect of number of subcultures on *in vitro* multiplication of four banana clones. INFOMUSA 10(1):38-39.
7. Manzur M., D. 2001. In situ mass propagation of the FHIA-20 banana Irbid using benzylaminopurine. INFOMUSA, 10(1):3-5.
8. Murashige, T. and Skoog, F. 1962. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiol. Plant.* 15:473-497.
9. Pérez B., M. H. y Vázquez V., V. 2004. Efecto de la dosis de Bencil aminopurina (BAP) sobre la multiplicación *in vitro* de plátano 'Dominico' (*Musa AAB*). Memorias de la XVI Reunión Internacional de ACORBAT. 26 de sep. – 1º. De octubre. Oaxaca, México. pp:8-12.
10. Robles G., M. M. 1993. Propagación del banano por cultivo de tejidos. Desplegable para productores No. 2. SARH-INIFAP-CIRPAC.
11. SAGARPA 2005. Centro de Estadística Agropecuaria. Delegación Estatal, Tepic, Nayarit.
12. Sarga R., J.G. y Guevara Y. 1994. Pruebas de desinfección para controlar la contaminación bacteriana en el cultivo *in Vitro* de ápices caulinares de banano (*Musa AAA*). *Fitopatol. Venez.* 7(1):14-17.
13. Sarga R., J.G. 1988. Obtención de plantas libres del virus del mosaico del pepino por cultivo de ápices meristemáticos aislados *in vitro* de dos cultivares de plátano. *Fitopatol. Venez.* 1(12):69-72.
14. Valencia, O.L. 2001. Propagación *in vitro* de plátano. PRONATTA. Armenia – Quindio.
15. Yerman, M.M. and Macleod, A.J. 1977. Plant tissue and cell culture. 2<sup>nd</sup>. Ed. H. E. Street (Ed). England. Pp. 31-32.

GERMINATION OF *Musa balbisiana* SEEDS AND EMBRYOSGERMINATION DE GRAINES ET D'EMBRYONS VENANT DE *Musa balbisiana*K. Z. Ahmed<sup>1</sup>; S. Remy; L. Sági & R. Swennen

## SUMMARY

Banana breeders are under increasing pressure to produce disease-resistant cultivated varieties. This and the use of seedling banana plants in breeding programs necessitates elucidation of factors affecting germination of these seeds. The seed yield of hybrids is usually low, and it is imperative that a maximum number of these seeds be germinated. Several current research programs require a continuous supply of small and uniform plants, which can be obtained most readily from seeds. However, since classical breeding programs are complicated by the sterile nature of cultivated *Musa* and the low seed yield of hybrid plants, moreover germination is highly variable and relatively difficult, new strategies are preferred. The majority of these are based on *in vitro* tissue culture methods associated with traditional techniques. In the present study, *in vivo* and *in vitro* germination of *M. balbisiana* seeds or mature embryos have been tested under various conditions. Our best results show that, *in vitro* darkness, 26°C temperature and 2.2 µM BAP were more suitable than any other culture medium and regime tested.

**Keywords:** Bananas, culture conditions, *in vivo* and *in vitro* germination, MS medium, plant growth regulators

## RÉSUMÉ

Les cultivateurs de bananes sont confrontés de manière croissante à produire des variétés cultivables, résistantes aux maladies. L'utilisation de plantules de bananiers dans des programmes d'amélioration nécessite avant tout d'élucider les facteurs qui affectent la germination de ces graines. Le rendement de graines hybrides est habituellement bas et il semble impératif que le nombre de graines qui puisse germer soit atteint d'une manière maximale. De nombreux programmes de recherche actuelle nécessitent un apport continu de plantules issues d'une population uniforme, qui peut être obtenu à partir de graines. Cependant, vu que la plupart des programmes classiques d'amélioration soit compliquée par la stérilité des *Musa* cultivées et le bas rendement des graines hybrides, avec en plus un taux de germination qui est relativement variable et difficile, de nouvelles stratégies sont préférées. La majorité de celles-là sont basées sur des méthodes de cultures *in vitro* associées à des techniques traditionnelles. Dans la présente étude, les germinations *in vivo* et *in vitro* de graines de *M. balbisiana* ou d'embryons matures ont été testées sous différentes conditions. Nos meilleurs résultats montrent que la culture *in vitro* en présence d'obscurité, une température de 26 °C et 2.2 µM de BAP sont les conditions les plus favorables à la germination, en comparaison des autres milieux de cultures et régimes testés.

## INTRODUCTION

Bananas and plantains (*Musa* spp.) together represent a major staple food for many millions of people in the tropics and subtropics. Banana is the fourth most important food crop and the No. 1 fruit crop in the world (FAO 1999); 99% of world's annual production is cultivated in more than 110 developing countries where banana is staple food for at least 400 million people. Moreover, the banana export industry is an important factor for the economies of developing countries in Latin America and more recently in several Asian and African countries. Production of *Musa* spp. is steadily increasing in tropical countries despite continuing problems with pests and diseases. Banana breeders are therefore under increasing pressure to produce disease-resistant cultivated varieties. This and the use of seedling banana plants in breeding programs necessitates elucidation of factors affecting germination of these seeds. The seed yield of hybrids is usually low, and for a successful breeding program, it is imperative that a maximum number of these seeds be germinated. Several current research programs require a continuous supply of small and uniform plants, which can be obtained most readily from seeds. However, since classical breeding programs are complicated by the sterile nature of cultivated *Musa* and the low seed yield of hybrid plants, new strategies are preferred. The majority of these are based on *in vitro* tissue culture methods (haplo-methods, artificial fertilization, genetic engineering, etc.) associated with traditional techniques for sexual hybridization of diploids, or applied directly (somaclonal variation, cell culture, protoplast fusion). As far as the latter methods are concerned, mastery of a technique resulting in embryo culture and somatic embryogenesis would be extremely

<sup>1</sup>Laboratory of Tropical Crop Improvement, Catholic University of Leuven, Kasteelpark Arenberg 13, B-3001 Leuven, Belgium, Department of Genetics and Minia Centre for Genetic Engineering and Biotechnology, Faculty of Agriculture, Minia University, El-Minia, ET-61517, Egypt, [ahmed.kz@link.net](mailto:ahmed.kz@link.net).



useful as zygotic embryos can be a target for gene transfer and callus provides suitable material for initiating cell cultures.

In the genus *Musa*, germination is highly variable and relatively difficult. Even more difficulties are faced when producing hybrids. The seed yield of hybrids in breeding programs is usually low and to ensure the viability and survival of seeds it is often necessary to attempt to germinate a large excess of these seeds. Several reports have indicated the limited and variable seed germination exhibited by *Musa* (Simmonds 1952, Pancholi *et al.* 1995) therefore, *in vitro* embryo culture represents a potential tool for improved recovery of hybrid germplasm in a short time.

In the present study, *in vivo* and *in vitro* germination of *M. balbisiana* seeds or mature embryos have been tested under various conditions.

## MATERIALS AND METHODS

In the present study, *in vivo* and *in vitro* germination of two lines of *M. balbisiana* (10852 and MPL) seeds or mature embryos have been tested under various conditions. All tests were carried out with seeds of the diploid species *Musa balbisiana*. Two lines were tested: *M. balbisiana* 10852 (freshly harvested seeds) and *M. balbisiana* MPL, both are kindly proved by the Dr. Abdou Tenkuano, International Institute of Tropical Agriculture, Onne, Nigeria.

### In vivo germination

The seeds (sterilized or non-sterilized) were planted in seed tray in a peat-based mixture at a depth of 2.5 cm. Also, seeds were sown in Petri dish on a wet filter paper or cotton. Tray and Petri dishes were placed in the greenhouse routinely used to grow bananas (some Petri dishes were kept in culture room). Seeds were sown in five replications each of them containing five seeds.

### In vitro germination

Intact *M. balbisiana* seed is known for its thick and durable seed coat and hence it can tolerate high concentrations of disinfectant. Seeds were presterilized by soaking overnight (~ 18 hrs) in sodium hypochlorite (NaOCl) containing 0.16% active chlorine. Seeds were then disinfected by immersion in 70% (v/v) alcohol for eight min, mercuric chloride 0.1% (w/v) for eight min followed by treatment with NaOCl containing 1.6% active chlorine and 5% (v/v) ethanol, supplemented with 0.01% (v/v) Tween 20, for 30 min, and five rinses with sterile water. Seeds were cut longitudinally and the whitish, mushroom-shaped embryos (Fig. 1a) were isolated. The excised embryos were inoculated onto basal MS medium supplemented with different plant growth regulators. Basal MS medium consisted of Murashige and Skoog (1962) salts and vitamins plus ascorbic acid ( $10 \text{ g L}^{-1}$ ), sucrose ( $60 \text{ g L}^{-1}$ ) that was adjusted to pH 5.8, supplemented with  $2.5 \text{ g L}^{-1}$  Phytigel and autoclaved for 20 min at  $121^\circ\text{C}$ . Ten ml or 25 ml of medium was dispensed aseptically into 50 or 100-mm disposable Petri dishes. The following treatments were used: MS0: basal medium only; MSB: BAP (6-benzylaminopurine)  $2.2 \text{ }\mu\text{M}$ ; MSD: 2,4-D (2,4-dichlorophenoxyacetic acid)  $9 \text{ }\mu\text{M}$ ; MSG: GA<sub>3</sub> (gibberellic acid) 3 or  $6 \text{ }\mu\text{M}$ ; MSP: picloram  $7.4 \text{ }\mu\text{M}$ . Different temperature and light/dark regimes have been tested:  $26^\circ\text{C}$  or  $29^\circ\text{C}$ , continuous light, continuous dark, 16/8 h light/dark cycle. More than 2,500 embryos were excised from seeds and inoculated in 9 independent experiments onto MS medium, with or without various concentrations of plant growth regulators.

## RESULTS AND DISCUSSION

Sterilization of dry seeds is difficult, especially with very hard ones like banana seeds. Even soaking for longer time (more than one week) in water did not improve sterilization or germination frequencies. Presterilization by soaking overnight in 0.16% active chlorine of sodium hypochlorite (NaOCl) was beneficial for successful sterilization. Seeds of *Musa balbisiana* MPL sown in seed tray in a peat-based mixture or in a Petri dish in a wet filter paper or cotton did not germinate even after five months. Also, no germination was observed with cultured intact seeds (*M. balbisiana* MPL) under any of the *in vitro* culture media and conditions tested. As an alternative, more than 2,500 embryos were excised from seeds and inoculated in nine independent experiments onto MS medium, with or without various concentrations of plant growth regulators (Table 1). Different culture temperature, light and dark conditions were also used to test their effect on embryo germination.

After two weeks, 66% and 40% of embryos germinated in the dark on MSB medium containing BAP and in the light/dark cycle on MSP medium containing picloram, respectively (Figs. 1b). Lower germination frequencies were obtained with other treatments and no germination at all was observed on MS0 basal medium. Culturing at  $29^\circ\text{C}$  did not support germination as all embryo germination on any medium happened at  $26^\circ\text{C}$ . Embryo germination in darkness was frequently higher than culture under photoperiodic regime. In general, dark conditions were superior over light/dark conditions for growth rate and shoot length of germinated plantlets. Thus, the present study highlights the importance of various components of the *in vitro* culture of *Musa* embryos.

No germination could be observed with the seeds of *M. balbisiana* MPL; the seeds may have been old or stored for a prolonged period under unsuitable conditions (Simmonds 1952). Therefore, selecting freshly harvested seeds appears to be important to obtain higher germination frequency.

## CONCLUSIONS

In conclusion, darkness, 26°C temperature and basal MS medium with 2.2 µM BAP were more suitable than any other culture medium and regime tested in this study for embryo germination.

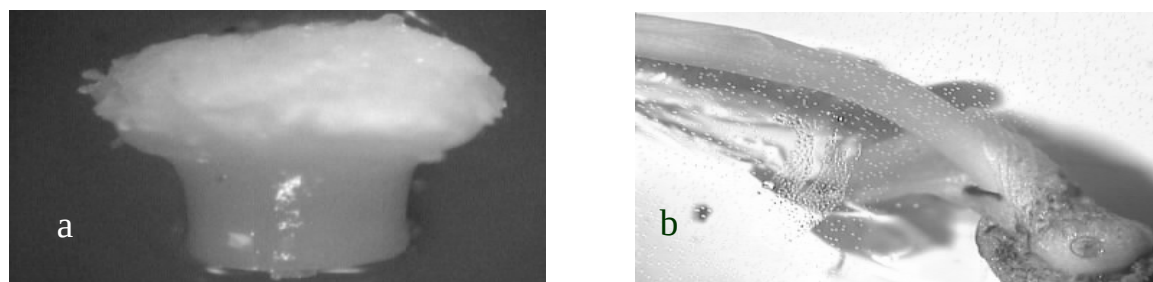


**Fig. 1 (a & b)** *In vitro* germination of mature embryo of *M. balbisiana* (10852). Freshly isolated mature embryo of *M. balbisiana* (a) and its germination on MS medium containing 2.2 µM BAP after 3 weeks old (b).

**Table 1.** Germination frequency of cultured banana (*Musa balbisiana* MPL and 10852) embryos isolated from mature seeds, and cultured on different media under different culture conditions

| Culture medium                        | Culture condition    | Germination frequency (%) |
|---------------------------------------|----------------------|---------------------------|
| MS0<br>(MS basal medium)              | 16/8 h (L/D) *, 26°C | 0                         |
|                                       | Dark, 26°C           | 0                         |
|                                       | Light, 29°C          | 0                         |
|                                       | Dark, 29°C           | 0                         |
| MSB<br>(MS+BAP 2.2 µM)                | 16/8 h (L/D), 26°C   | 39                        |
|                                       | Dark, 26°C           | 66                        |
|                                       | Light, 29°C          | 0                         |
|                                       | Dark, 29°C           | 0                         |
| MSD<br>(MS+2,4-D 9 µM)                | 16/8 h (L/D), 26°C   | 0                         |
|                                       | Dark, 26°C           | 17                        |
|                                       | Light, 29°C          | 0                         |
|                                       | Dark, 29°C           | 0                         |
| MSG<br>(MS+GA <sub>3</sub> 3 or 6 µM) | 16/8 h (L/D), 26°C   | 33                        |
|                                       | Dark, 26°C           | 17                        |
|                                       | Light, 29°C          | 0                         |
|                                       | Dark, 29°C           | 0                         |
| MSP<br>(MS+picloram 7.4 µM)           | 16/8 h (L/D), 26°C   | 40                        |
|                                       | Dark, 26°C           | 30                        |
|                                       | Light, 29°C          | 0                         |
|                                       | Dark, 29°C           | 0                         |

\* (L/D): 16/8 h light/dark cycle.

## BIBLIOGRAPHY

1. AO (1999) FAOSTAT Database, FAO, UN.
2. Murashige T, Skoog F (1962) A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue culture. *Physiol. Plant.*, 15: 473-497.
3. Pancholi N, Wetten A, Caligari (1995) Germination of *Musa velutina* seeds: comparison of *in vivo* and *in vitro* systems. *In Vitro Cell Dev. Biol. Plant*, 31: 127-130.
4. Simmonds NW (1952) The germination of banana seeds. *Trop Agric.*, 29: 35-49.

## METODOLOGIA PARA LA MULTIPLICACION DEL CULTIVAR HIBRIDO 'FHIA-21' (AAAB) EN SISTEMA DE INMERSION TEMPORAL

### METHODOLOGY FOR *IN VITRO* MULTIPLICATION OF PLANTAIN HYBRID 'FHIA-21' (AAAB) IN A TEMPORAL IMMERSION SYSTEM

Milagros Basail Pérez<sup>1</sup>; Rafael Gómez Kosky<sup>2</sup>; Victor Medero Vega<sup>1</sup>; Marlenys Torres Delgado<sup>1</sup>; Eneida Otero Gálvez<sup>1</sup>; Manuel Cabrera Jova<sup>1</sup>; Arletys Santos Pino<sup>1</sup>; Jorge López Torres<sup>1</sup>; Magali García García<sup>1</sup>; Aymé Rayas Cabrera<sup>1</sup>; Yoel Beovides García<sup>1</sup>; Alberto Espinosa Cuellar<sup>1</sup> & Eriker Paz Chávez<sup>1</sup>

#### RESUMEN

El trabajo fue desarrollado en el Laboratorio de Biotecnología Vegetal del Instituto de Investigaciones en Viandas Tropicales (INIVIT) con el objetivo de establecer una metodología para la multiplicación en sistema de inmersión temporal (SIT) del cultivar híbrido 'FHIA-21' (AAAB). Se estudiaron diferentes tiempos y frecuencias de inmersión así como combinaciones de reguladores e inhibidor del crecimiento (6-BAP, AIA y PBZ), volumen de medio de cultivo, momento de subcultivos, densidad de explantes por frasco para incrementar el coeficiente de multiplicación. Además, se evaluó la influencia de las condiciones de luz y el comportamiento de las vitroplantas obtenidas en la fase de aclimatización. En condiciones *in vitro* y *ex vitro* se realizaron un conjunto de evaluaciones para observar el comportamiento de las plantas. Los resultados obtenidos permitieron establecer una metodología para la micropropagación en los SIT del cv. híbrido 'FHIA-21' (AAAB), la cual consistió en utilizar un tiempo de inmersión de 10 minutos a una frecuencia de ocho veces por día. Para cada frasco de 10 L se inocularon 70 explantes y la renovación con 2800 ml de medio de cultivo y un tiempote cultivo de 18 días en condiciones de oscuridad permitió alcanzar la mayor productividad del material en fase de multiplicación. Además al utilizar las sales MS suplementadas con 2,0 mg.L<sup>-1</sup> de 6-BAP; 0,65 mg.L<sup>-1</sup> de AIA y 10,0 mg.L<sup>-1</sup> de ácido ascórbico y 1,0 mg.L<sup>-1</sup> de paclobutrazol, se logró disminuir el crecimiento innecesario de los tallos y hojas de los brotes en la fase de multiplicación y por lo tanto un mayor número de brotes por explantes inoculados sin la presencia de multiyemas e hiperhidricidad. En la fase de aclimatización las plantas procedentes del sistema de inmersión temporal tuvieron un comportamiento superior a las procedentes del medio de cultivo semisólido y sin la presencia de cambios fenotípicos.

Palabras clave: paclobutrazol, coeficiente de multiplicación, micropropagación.

#### SUMMARY

This work was carried out at the Biotechnology Laboratory from "Instituto de Investigaciones en Viandas Tropicales" (INIVIT) in order to establish a methodology for multiplication in Temporal Immersion System (TIS). Plantain hybrid 'FHIA 21' (AAAB) was used. Different immersion times and frequencies were studied, as well as, the combination of growth regulators and plant growth inhibitors (6-BAP, IAA and PBZ), subculture times, and explant densities per flask to increase the multiplication coefficient. Influence of light conditions and performance of 'in vitro' plants on the acclimatization stage was also evaluated. At 'in vitro' and 'ex vitro' conditions, evaluations to determine plant performances were carried out. Results permitted to establish a methodology for micropropagation of hybrid 'FHIA-21' (AAAB) in TIS. Immersion time was 10 minutes at a frequency of eight times per day. In each 10 L flask, 70 explants were inoculated and regeneration with 2800 ml culture media and 18 day culture time permitted to obtain the highest productivity during the multiplication stage. Due to the use of MS salts supplemented with 2,0 mg.L<sup>-1</sup> 6-BAP, 0,65 mg.L<sup>-1</sup> IAA, 10,0 mg.L<sup>-1</sup> ascorbic acid, and 1,0 mg.L<sup>-1</sup> paclobutrazol, it was possible to decrease the unnecessary growth of stems and leaves from sprouts in the multiplication stage and so, a higher sprout number per inoculated explant without the presence of multibuds and hyperhydricity. In the acclimatization stage, plants from TIS showed a better performance than plants from semi-solid culture media and without phenotypic changes.

Keywords: Paclobutrazol, multiplication coefficient, micropropagation

<sup>1</sup> Instituto de Investigaciones en Viandas Tropicales (INIVIT). Apdo. 6, Santo Domingo, CP. 53 000, Villa Clara, Cuba.

<sup>2</sup> Instituto de Biotecnología de las Plantas (IBP). Carr. A Camajuaní km 5.5, Santa Clara, Villa Clara, Cuba.

e-mail: milagrosb@inivit.co.cu

## INTRODUCCIÓN

Dentro de las técnicas de cultivo de tejidos, la micropropagación es una alternativa desarrollada para la producción a gran escala de plantas, que ha sido utilizada con éxito desde los años 60 del siglo pasado (Escalona, 1999). La principal ventaja de esta técnica estriba en la multiplicación rápida del material clonal libre de enfermedades, fisiológicamente uniforme y con un desarrollo normal. Estas características han servido para introducir rápidamente en el mercado nuevas variedades de plantas obtenidas mediante la selección, mutación, programas de mejora y manipulación genética (Cañal, 1999). En general la micropropagación de plantas presenta algunas desventajas como son: bajos coeficientes de multiplicación, alto costo por mano de obra y la escasa posibilidad de automatización que brinda el proceso (Kitto, 1997).

Los sistemas de inmersión temporal (SIT) además de solucionar las dificultades de los cultivos en medios líquidos estáticos, abren la posibilidad de semiautomatizar algunas etapas del cultivo *in vitro* (Alvard *et al.*, 1993), permiten mayor facilidad de escalado y aumentan la eficiencia biológica y productiva del material propagado (Ventura *et al.*, 1998; Jiménez *et al.*, 1999; Castro, 2001).

De esta forma, el cultivo en inmersión temporal puede constituir una vía alternativa de micropropagación a corto plazo, mientras, a largo plazo se venzan obstáculos biológicos que permitan la obtención eficiente de plantas y embriones somáticos en biorreactores (Escalona *et al.*, 1999).

El presente trabajo se desarrollo con los siguientes objetivos.

1. Establecer las condiciones de cultivo en el sistema de inmersión temporal para el híbrido de plátano 'FHIA-21' (AAAB).
2. Evaluar el comportamiento de las plantas obtenidas en fase de aclimatización.

## MATERIALES Y METODOS

La presente investigación se desarrolló en el Laboratorio de Biotecnología del Instituto de Investigaciones en Viandas Tropicales (INIVIT); durante el período comprendido entre enero del 2004 a diciembre del 2005.

Determinación del tiempo de inmersión.

Se utilizaron dos frascos plásticos de 10 litros de volumen total. Se empleó el medio de multiplicación formado por las sales y vitaminas MS suplementado con 3,0 mg.L<sup>-1</sup> de 6-BAP; 1,3 mg.L<sup>-1</sup> de AIA; 30,0 g.L<sup>-1</sup> de sacarosa; 10,0 mg.L<sup>-1</sup> de ácido ascórbico; 0,5 mg.L<sup>-1</sup> de paclobutrazol (PBZ) (control), según Ventura *et al.* (1998).

Se definieron tres tratamientos.

1. Tiempo de inmersión por 5 minutos
2. Tiempo de inmersión por 10 minutos
3. Tiempo de inmersión por 15 minutos

Se evaluó:

Coeficiente de multiplicación (u). Las evaluaciones se realizaron a los 21 días de cultivo y tres repeticiones por tratamiento.

Efecto de la frecuencia de inmersión.

Se empleó la mejor variante del experimento anterior y se varió la frecuencia de inmersión. Los tratamientos utilizados fueron:

1. Frecuencia de inmersión cada 1 hora
2. Frecuencia de inmersión cada 3 horas
3. Frecuencia de inmersión cada 6 horas

Las evaluaciones se realizaron a los 21 días de cultivo y se evaluó la misma variable del experimento tiempo de inmersión y tres repeticiones por tratamiento.

Efecto de diferentes combinaciones de reguladores e inhibidor del crecimiento.

Se empleó el mejor tiempo y frecuencia de inmersión obtenido anteriormente. Se utilizaron diferentes concentraciones de 6-BAP (2.0; 3.0; 4.0 mg.L<sup>-1</sup>) y de AIA (0.0; 0.65; 1.30).

Las evaluaciones se realizaron a los 21 días de cultivo y se evaluó la misma variable del experimento tiempo de inmersión y tres repeticiones por tratamiento.

Efecto del paclobutrazol sobre la formación de brotes axilares.

Se utilizó la mejor combinación de los reguladores del crecimiento del experimento obtenidos anteriormente y se constituyeron los siguientes tratamientos.

1. 0,0 mg.L<sup>-1</sup> de paclobutrazol
2. 0,5 mg.L<sup>-1</sup> de paclobutrazol (control)



3. 1,0 mg.L<sup>-1</sup> de paclobutrazol

4. 1,5 mg.L<sup>-1</sup> de paclobutrazol

Las evaluaciones se realizaron a los 21 días de cultivo y se evaluó la misma variable del experimento tiempo de inmersión y tres repeticiones por tratamiento.

Determinación del volumen de medio de cultivo en el sistema de inmersión temporal.

Para la realización de este experimento se empleó el mejor resultado del experimento anterior. Se evaluó el efecto de cuatro volúmenes de medio de cultivo (cantidad de nutrientes) por explantes: 20; 30; 40 y 60 ml y se colocaron 50 explantes por frasco. El volumen de medio de cultivo fue de 1000; 1500; 2000 y 3000 ml.

Las evaluaciones se realizaron a los 21 días de cultivo y se evaluó la misma variable del experimento tiempo de inmersión y tres repeticiones por tratamiento.

Determinación del momento de subcultivo en el sistema de inmersión temporal.

Se constituyeron cuatro tratamientos: 15; 18; 21 y 25 días de cultivo, se utilizó el mejor volumen de medio de cultivo obtenido en el acápite anterior. Se evaluó la misma variable del experimento tiempo de inmersión y tres repeticiones por tratamiento.

Determinación de la densidad de explantes por frasco.

Se evaluó la influencia de cuatro densidades de inóculo: 30; 50; 70 y 90 explantes por frasco y un volumen de medio de cultivo por batería de 1200 ml; 2000 ml; 2800 ml y 3600 ml en la producción de explantes.

Las evaluaciones se realizaron a los 18 días de cultivo y se evaluó la misma variable del experimento tiempo de inmersión y tres repeticiones por tratamiento.

Influencia de las condiciones de luz en la multiplicación en sistema de inmersión temporal.

Con el propósito de estudiar el efecto de las condiciones de luz, se realizó un experimento en el que se evaluaron dos tratamientos (18 días oscuridad total y 18 días luz artificial). Se utilizó el mejor resultado obtenido anteriormente (densidad de explantes) con un volumen de medio de cultivo de 2800 ml. Se evaluó la misma variable del experimento tiempo de inmersión y tres repeticiones por tratamiento.

Multiplicación del cv. híbrido 'FHIA 21' (AAAB) en el sistema de inmersión temporal.

A partir de los resultados anteriormente obtenidos con el empleo del SIT se realizó una corrida y se utilizó al método de propagación convencional (semisólido como control). Las evaluaciones se realizaron a los 18 días de cultivo y se añadieron 5 explantes por frasco de cultivo de 200 ml de volumen total y se dosificó un volumen de 30 ml de medio de cultivo semisólido, formado por las sales y vitaminas MS suplementado con 3,50 mg.L<sup>-1</sup> de 6-BAP; 1,20 mg.L<sup>-1</sup> de AIA; 30,0 g.L<sup>-1</sup> de sacarosa; 10,0 mg.L<sup>-1</sup> de ácido ascórbico propuesto por Ventura *et al.* (1998) y en sistema de inmersión temporal una densidad de 70 explantes con 2800 ml de medio de cultivo. Se utilizó para el SIT el mejor medio de cultivo obtenido en el experimento anterior así como el mejor resultado del experimento condiciones de oscuridad. En ambos tratamientos se evaluó la misma variable del experimento tiempo de inmersión y tres repeticiones por tratamiento.

Comportamiento de las plantas en la fase de aclimatación.

Las vitroplantas obtenidas del sistema de inmersión temporal y del método de propagación convencional (semisólido) con más de 28 días de cultivo, se separaron en dos grupos:

1. Procedentes del sistema de inmersión temporal

2. Procedentes del método de propagación (semisólido, como control).

Se evaluó a los cinco días de plantadas las plántulas el porcentaje de supervivencia y a los 45 días, se realizaron las evaluaciones siguientes:

Altura de la planta (cm), largo del pecíolo de la hoja 2 (cm), largo de la hoja 2 (cm), ancho de la hoja 2 (cm), distancia entre las hojas 2 y 3 (cm), número de hojas (u), número de raíces (u) y cambios de coloración del pseudotallo y el limbo para la identificación de plantas fuera de tipo.

Procesamiento estadístico.

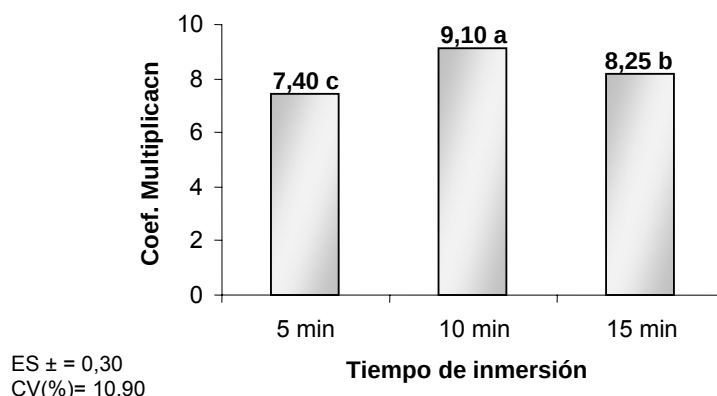
Con los criterios de estadística descriptiva se realizaron las tablas y figuras que expresan los resultados procesados con estadística inferencial paramétrica (análisis de varianza de clasificación simple y doble, es decir, bifactorial en el caso donde se evaluaron dos factores). La comparación múltiple de media se realizó según Tukey (Lerch, 1977). Se utilizó el paquete estadístico MSTAT-C de la Universidad de Michigan (Bricker, 1993, citado por Guzmán y Castaño, 2002). Se realizó además una prueba de hipótesis (T-student) para muestras independientes cuando se compararon dos tratamientos.



## RESULTADO Y DISCUSION

Determinación del tiempo de inmersión.

El mejor resultado para la variable coeficiente de multiplicación (9,10) se logró al utilizar 10 minutos de inmersión de los explantes en el medio de cultivo, con diferencias significativas respecto a los tiempos 5 y 15 minutos respectivamente (Figura 1).

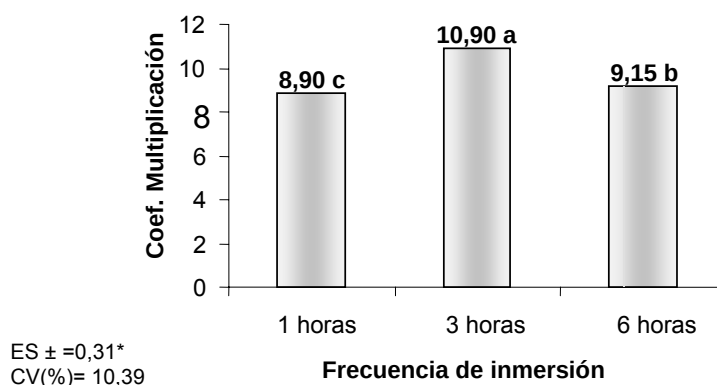


Letras desiguales sobre las barras difieren para  $p < 0,05$  según prueba de Tukey.

Figura 1. Efecto del tiempo de inmersión sobre el coeficiente de multiplicación en el cultivar híbrido 'FHIA-21' (AAAB) a los 21 días de cultivo.

Efecto de la frecuencia de inmersión.

Al evaluar la variable coeficiente de multiplicación, el mejor resultado (10,90) se obtuvo al utilizar una frecuencia de 3 horas de inmersión y un tiempo de 10 minutos con diferencias significativas respecto al resto de los tratamientos (Figura 2).



Letras desiguales sobre las barras difieren para  $p < 0,05$  según prueba de Tukey.

Figura 2. Efecto de la frecuencia de inmersión sobre el coeficiente de multiplicación en el cultivar híbrido 'FHIA-21' (AAAB) a los 21 días de cultivo.

Colmenares y Jiménez (2003) en el banano 'Gran Enano' (AAA) con inmersiones de dos minutos cada cuatro horas obtuvieron un coeficiente de multiplicación de 7,5 y para veinte minutos cada cuatro horas un índice de multiplicación de 8,0 en frascos de 10 litros.

Efecto de diferentes combinaciones de reguladores e inhibidor del crecimiento.

Al evaluar el comportamiento de la variable coeficiente de multiplicación, los resultados obtenidos muestran que la media más alta para el coeficiente de multiplicación (11,96) se obtuvo con el tratamiento dos, con diferencias significativas con el resto (Figura 3).

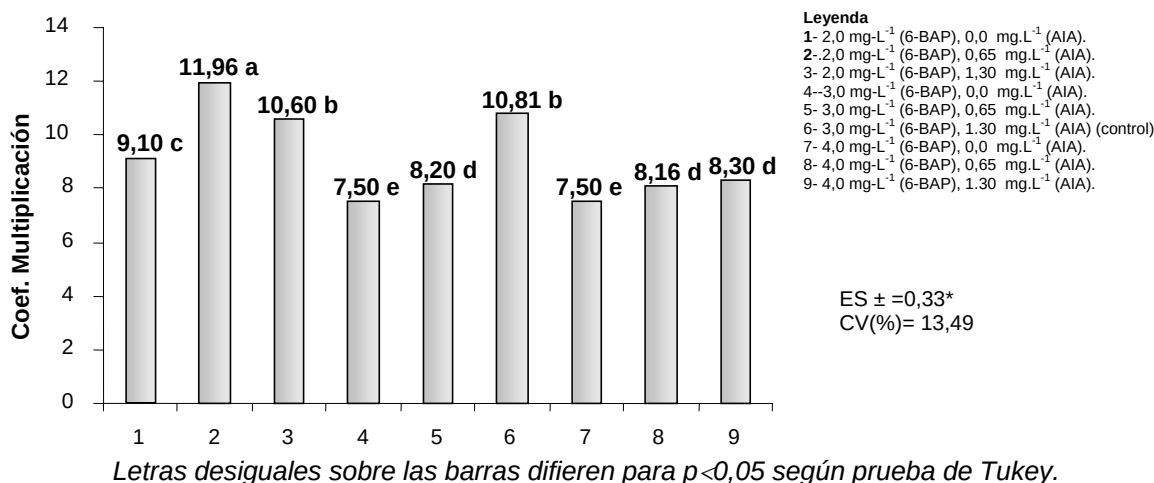


Figura 3. Efecto de las combinaciones de los reguladores del crecimiento (6-BAP y AIA) sobre el coeficiente de multiplicación en el híbrido 'FHIA-21' (AAAB).

Dottin (2000) al emplear 1,0 y 3,0 mg.L<sup>-1</sup> de 6-BAP y 1,2 mg.L<sup>-1</sup> de AIA obtuvo los máximos valores en el cultivo de la malanga (*Xanthosoma sagittifolium* (L) Schott) en frascos de sistemas de inmersión temporal.

Efecto del paclobutrazol (inhibidor del crecimiento) sobre la formación de brotes axilares.

Con la aplicación de este inhibidor del crecimiento (1,0 mg.L<sup>-1</sup> de PBZ) se observó una mayor uniformidad en la brotación con un coeficiente de multiplicación (13,26) con diferencias significativas respecto a los demás tratamientos. El paclobutrazol promovió la formación de agregados de brotes pequeños muy compactos con poco desarrollo de las hojas, de esta forma se evitó el crecimiento innecesario durante el estado de proliferación (Figura 4).

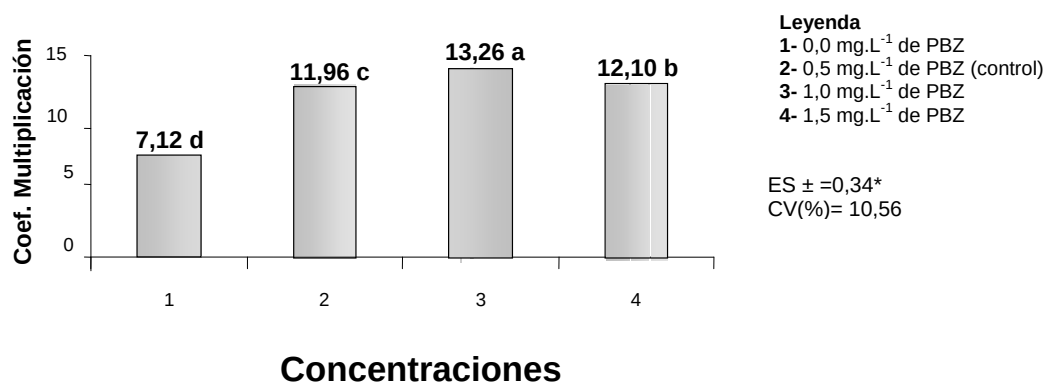


Figura 4. Efecto del paclobutrazol sobre el coeficiente de multiplicación en el cultivar híbrido 'FHIA-21' (AAAB) a los 21 días de cultivo.

Daquinta *et al.* (2001) utilizaron una concentración de 2,0 mg.L<sup>-1</sup> de paclobutrazol combinado con el 6-BAP (4,0 mg.L<sup>-1</sup>) donde obtuvieron un coeficiente de multiplicación (7,30) en brotes del banano 'FHIA-18' (AAAB).

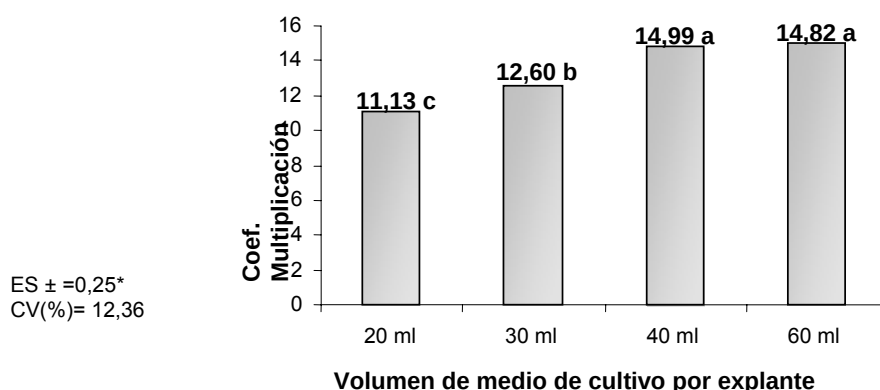
El uso del paclobutrazol en los sistemas de inmersión temporal, posibilitó reducir el tamaño de los brotes, lo que permitió la producción de un mayor número de explantes por frasco sin la aparición de multiyemas ni de hiperhidricidad (Figura 5).



Figura 5. Brotos *in vitro* del cv. híbrido 'FHIA-21' (AAAB) con 1,0 mg.L<sup>-1</sup> de paclobutrazol a los 21 días de cultivo en medio líquido.

Determinación del volumen de medio de cultivo en el sistema de inmersión temporal.

El volumen de medio de cultivo tuvo influencias en el sistema de inmersión temporal "Nalgene Co" de 10 litros de volumen total con la adición de 50 explantes sobre el coeficiente de multiplicación de los brotes. El mayor valor se alcanzó cuando se empleó una relación de 40 ml de medio de cultivo (14,99) por explante sin diferencias significativas con el tratamiento de 60 ml por explante y sí con los tratamientos de 20 y 30 ml por explante (Figura 6).



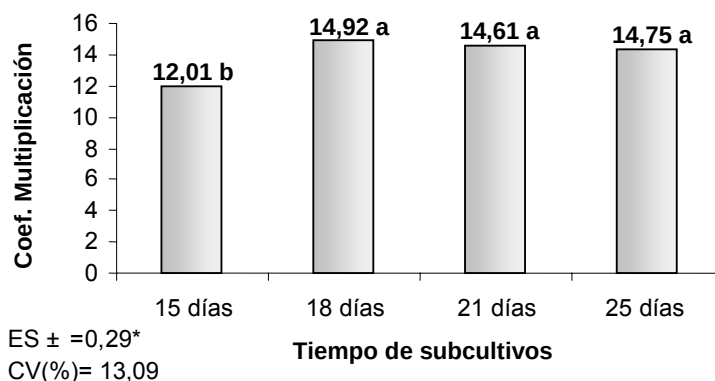
*Letras desiguales sobre las barras difieren para  $p < 0,05$  según prueba de Tukey.*

Figura 6. Efecto del volumen de medio de cultivo sobre el coeficiente de multiplicación en el cultivar híbrido 'FHIA-21' (AAAB) en sistema de inmersión temporal.

Ziv (2005) al utilizar 1250 ml de medio de cultivo en biorreactores de 2500 ml de volumen total obtuvo un elevado coeficiente de multiplicación (15,10) con la adición de 20 explantes de bananos.

Determinación del momento de subcultivo en el sistema de inmersión temporal.

Después de analizar la variable coeficiente de multiplicación sobre la dinámica de formación de brotes en el sistema de inmersión temporal el mejor resultado se obtuvo cuando los explantes formaron brotes durante 18 días sin diferencias significativas con el resto de los demás tratamientos, pero sí con el tratamiento uno (15 días), Figura 7.



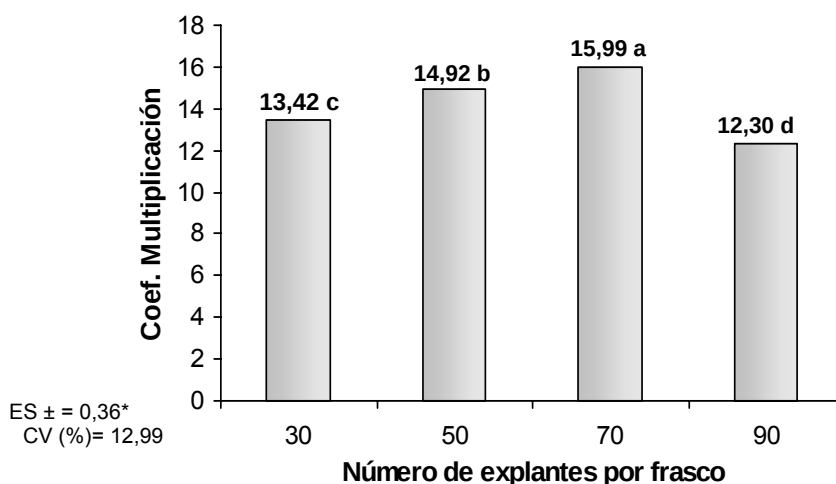
Letras desiguales sobre las barras difieren para  $p < 0,05$  según prueba de Tukey.

Figura 7. Influencia del tiempo de subcultivos sobre la variable coeficiente de multiplicación en el híbrido 'FHIA-21' (AAAB).

Escalona *et al.* (1999) para el cultivo de la piña demostraron que períodos prolongados promovieron la deformación de los brotes y por lo tanto afectaron el número de brotes que se podía obtener.

Determinación de la densidad de explantes por frasco.

Se comprobó que para la variable coeficiente de multiplicación la densidad de 70 explantes con un volumen de 2800 ml de medio de cultivo por frasco (40 ml de medio de cultivo por explante) superó de forma significativa a los demás tratamientos, alcanzando un índice de multiplicación de 15,99 (Figura 8).



Letras desiguales sobre las barras difieren para  $p < 0,05$  según prueba de Tukey.

Figura 8. Efecto de la densidad de explantes por frascos sobre el coeficiente de multiplicación en el cv. híbrido 'FHIA-21' (AAAB).

Según Posada *et al.* (2003) los mejores resultados para la multiplicación de los cultivares de banano 'FHIA 01' y 'FHIA 18' se alcanzaron con la densidad de cinco explantes y una frecuencia de inmersión de tres veces durante un minuto cada 24 horas, en frascos de inmersión temporal (sistema RITA). En la figura 9 se observa el comportamiento del cultivar híbrido 'FHIA-21' (AAAB) en frascos Nalgene con una densidad de 70 explantes por sistema.



Figura 9. Multiplicación en sistema de inmersión temporal del cultivar híbrido 'FHIA-21' (AAAB), con una densidad de 70 explantes por frascos de cultivo "Nalgene Co" de 10 litros de capacidad.

Influencia de las condiciones de luz en la multiplicación en sistema de inmersión temporal.

A partir de los resultados obtenidos, el tratamiento uno (18 días oscuridad total) mostró el mayor valor numérico en cuanto al coeficiente de multiplicación y diámetro del pseudotallo con diferencias significativas con el tratamiento anterior, no siendo así con el grado de oxidación, número de hojas activas y altura del explante (Tabla 1), donde se obtienen los menores valores numéricos, pues el material se encuentra en condiciones de oscuridad y por lo tanto en esta forma de cultivo aumentamos el número de brotes por frascos.

Tabla 1. Determinación de las condiciones de luz para el manejo de los explantes en la fase de multiplicación del cultivar 'FHIA-21' (AAAB).

| Tratamientos      | Coeficiente de Multiplicación. |
|-------------------|--------------------------------|
| 18 días osc. tot  | 17,86 a                        |
| 18 días luz artif | 15,95 b                        |
| ES ±              | 0,31*                          |
| CV (%)            | 14,10                          |

*Letras desiguales dentro de cada columna difieren para  $p < 0,05$  según prueba de Tukey.*

Estos resultados coinciden con los obtenidos por Daquinta *et al.* (1999), donde obtuvieron un elevado número de brotes (10,40) en el cultivar 'FHIA-18' (AAAB), en condiciones de oscuridad.

Multiplicación del cv. híbrido 'FHIA 21' (AAAB) en el sistema de inmersión temporal.

Al evaluar las variables definidas en este experimento se arribó al resultado de que hubo un incremento del coeficiente de multiplicación, diámetro del pseudotallo y altura del explante, no siendo así en el caso del grado de oxidación y número de hojas activas, en el sistema de inmersión temporal, con diferencias significativas con el tratamiento anterior (Tabla 2). Pues a través del empleo del medio de cultivo líquido hay una mayor asimilación de los nutrientes por los explantes.

Tabla 2. Comparación del sistema de inmersión temporal con el método convencional (semisólido) en el híbrido 'FHIA-21' (AAAB) a los 18 días de cultivo.

| Tratamientos | Coeficiente de Multiplicación |
|--------------|-------------------------------|
| SIT          | 17,53 a                       |
| Semisólido   | 3,56 b                        |
| ES ±         | 0,04*                         |
| CV (%)       | 10,01                         |

*Letras desiguales dentro de cada columna difieren para  $p < 0,05$  según prueba de Tukey.*



Castro (2001) demostró la eficiencia de la inmersión temporal para la propagación *in vitro* del *Eucaliptus grandis* y obtuvo un coeficiente de 11,60 en relación al 3,60 que logró al aplicar el método de propagación convencional (semisólido). Además, logró una mejor calidad en los brotes en cuanto al tamaño y el incremento de los valores de la masa fresca y seca.

De forma general los experimentos desarrollados permitieron establecer una metodología que incrementa de forma significativa el coeficiente de multiplicación en el cultivar híbrido 'FHIA-21' (AAAB) con la adición de  $1,0 \text{ mg.L}^{-1}$  de Paclobutrazol en condiciones de oscuridad, basada en la inmersión temporal de los explantes. La superioridad del nuevo método entre otros aspectos está dada por el empleo del medio de cultivo en estado líquido, que a diferencia del medio de cultivo en estado semisólido, facilita la asimilación de los nutrientes por los explantes.

Comportamiento de las plantas en la fase de aclimatización.

Al evaluar las características del crecimiento de las vitroplantas provenientes del sistema de inmersión temporal con el método convencional (semisólido) se observó que el porcentaje de supervivencia de las plántulas en la fase de aclimatización fue superior o igual al 99% en ambos métodos de multiplicación. Al determinar la variación somaclonal no se observó por métodos visuales la presencia de manchas irregulares en las hojas en ninguno de los tratamientos. Sin embargo se pudo demostrar que el sistema de inmersión temporal incrementó de forma significativa todos los parámetros evaluados con respecto al método de propagación convencional (semisólido), tabla 3, (Figura 10).

Tabla 3. Comportamiento entre las plantas obtenidas por el sistema de inmersión temporal y el método de micropropagación convencional (semisólido) en la fase de aclimatización.

| Ttts   | Altura de la planta (cm) | Largo del pecíolo de la hoja 2 (cm) | Largo de la hoja 2 (cm) | Ancho de la hoja 2 (cm) | Distancia entre la hoja 2 y 3 (cm) | Número de hojas | Número de raíces |
|--------|--------------------------|-------------------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------------------|-----------------|------------------|
| SIT    | 19,42                    | 4,59                                | 6,73                    | 3,80                    | 1,67                               | 5,64            | 7,20             |
| Semis. | 13,24                    | 3,41                                | 5,42                    | 2,21                    | 1,10                               | 4,50            | 4,60             |
| T      | - 7,54**                 | - 3,48**                            | - 3,32**                | - 3,69**                | - 4,70**                           | - 3,97**        | - 3,80**         |

Letras desiguales dentro de cada columna difieren para  $p < 0,05$  según prueba de T-studen .

Hahn y Paek (2005) obtuvieron el 100% de supervivencias en la fase de aclimatización de plantas de *Chrysanthemum* propagadas en biorreactores lo que permitió un desarrollo vigoroso de las mismas.



Figura 10. Comportamiento de las vitroplantas en fase de aclimatización a los 45 días.

## CONCLUSIONES

Los resultados alcanzados en el trabajo permitieron arribar a las siguientes conclusiones:

1. Se estableció una metodología eficiente que permitió incrementar los coeficientes de multiplicación y la calidad del material micropropagado.
2. Se determinó que el tiempo de 10 minutos de inmersión y una frecuencia 8 veces por día arrojó el mejor coeficiente de multiplicación.
3. Se encontró que el medio basal MS, suplementado con 2,0 mg.L<sup>-1</sup> de 6-BAP; 0,65 mg.L<sup>-1</sup> de AIA; 30,0 g.L<sup>-1</sup> de sacarosa; 10,0 mg.L<sup>-1</sup> de ácido ascórbico y 1,0 mg.L<sup>-1</sup> de paclobutrazol (PBZ) garantizó la mejor respuesta de los explantes en cuanto al coeficiente de multiplicación y sin síntomas de hiperhidricidad ni presencia de multiyemas.
4. Se estableció que para frascos de 10,0 litros una densidad de inóculo de 70 explantes, con un volumen de 2800 ml y un tiempo de cultivo de 18 días en condiciones de oscuridad garantizó el mejor comportamiento del material y el mayor coeficiente de multiplicación.
5. En fase de aclimatización las plantas procedentes del sistema de inmersión temporal tuvieron un comportamiento superior a las procedentes del medio de cultivo semisólido y sin presencia de cambios fenotípicos.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Alvard, D.; F. Cote; C. Teisson. 1993. Comparison of methods of liquids médium culture for banana micropropagation. Effects of temporary immersion of explants. In: Plant Cell Tissue and Organ Culture 32: 55-60.
2. Cañal, M. 1999. Fisiología del cultivo *in vitro*. En: Biotecnología Vegetal: Libro de reportes cortos del 5<sup>to</sup> Coloquio Internacional de Biotecnología vegetal, IBP, Santa Clara, Cuba, pp. 14-22.
3. Castro, D. 2001. Propagación mixotrófica de Eucalipto grandis Hill ex Maide en biorreactores de inmersión temporal. Tesis para aspirar al Grado Científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. Universidad de Ciego de Ávila, Centro de Bioplasmas. Cuba.
4. Colmenares, M. y C. Jiménez. 2003. Multiplicación *in vitro* Musa spp mediante el sistema de inmersión temporal. [www.revfacagronluz.org.ve](http://www.revfacagronluz.org.ve). Venezuela, pp. 468-477.
5. Daquinta, M.; P. Espinosa; M. Escalona; R. Rodríguez; M. P. Guerra. 1999. Bromeliad. Micropropagation in a temporary immersion system. Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal. Brazilian Journal of Plant Physiology. Resumos de VII Congresso Brasileiro de Fisiologia Vegetal. Suplemento, 11: 177-178.
6. Daquinta, M.; Y. Lezcano; M. Escalona; R. Santos. 2001. Multiplicación *in vitro* del banano 'FHIA-18' con el empleo de paclobutrazol. INFOMUSA, 10(2): 22-24.
7. Dottin, M. 2000. Propagación *in vitro* de la malanga (*Xanthosoma sagittifolium* (L.) Schoott). Tesis de Doctor en Ciencias Agrícolas, pp. 21-24.
8. Escalona, M. 1999. Tesis para optar por el grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas, Universidad de Ciego de Ávila, Centro de Bioplasmas de Ciego de Ávila, 94p.
9. Escalona, M.; M. Cid; Y. Lezcano; I. Capote; E. Yáñez; J. González. 1999. Propagación de la piña (Ananas comosus (L.) Merr.) en biorreactores de inmersión temporal. Efecto de la frecuencia de inmersión y el paclobutrazol. BioVeg'99. Ciego de Avila, Cuba. Libro de resúmenes, 28p.
10. Guzmán, O. A. y J. Castaño. 2002. Reconocimiento de nemátodos fitopatógenos en plátanos 'Dominico hartón' (Musa AAB, Simmonds), 'Africa', 'FHIA 20' y 'FHIA-21' en Colombia. InfoMusa, 11 (2): 34-35.
11. Hahn, J. E. and Y. E. Paek. 2005. Multiplication of Chrysanthemum shoots in bioreactors as affected by culture method and inoculation density of single node stems. Plant Cell Tissue and Organ Culture, 00: 1-6.
12. Jiménez, E.; N. Pérez; M. de Feria; R. Barbón; A. Capote; M. Chávez; E. Quila; J. C. Pérez. 1999. Improved production of potato microtubers using a temporary immersion system. Plant Cell, Tissue and Organ Culture, 59: 19-23.
13. Kitto, J. M. 1997. Commercial Micropropagation HorScience, 32(6): 1-3.
14. Posada, P. L.; R. Gómez; M. Reyes; L. Álvarez. 2003. Empleo de los sistemas de inmersión temporal (RITA) en la propagación de plantas vía organogénesis en caña de azúcar y bananos. Biotecnología Vegetal, 3(1): 6-8.
15. Ventura, J.; V. Medero; J. López; M. García; S. Rodríguez; J. García; Damicela Reynaldo. 1998. Manejo de los explantes en inmersión temporal, clon de Plátano 'FHIA 18'. III Encuentro Latinoamericano de Biotecnología Vegetal. Palacios de convenciones de La Habana. FAO. Cuba, 64p.
16. Ziv, M. 2005. Simple bioreactor for mass propagation of plant. Plant Cell, Tissue and Organ Culture, 81: 277-285.

## PLANTLET REGENERATION FROM SUSPENSION CELLS OF A DIPLOID HYBRID BANANA

### REGENERAÇÃO DE PLÂNTULAS A PARTIR DE CÉLULAS EM SUSPENSÃO DE UM HÍBRIDO DIPLÓIDE DE BANANA

Kazumitsu Matsumoto<sup>1</sup>; Marly Catarina Felipe Coelho<sup>1</sup>; Manoel Teixeira Souza Júnior<sup>1</sup>  
& João Batista Teixeira<sup>1</sup>

#### SUMMARY

Cell suspension cultures of a diploid hybrid banana (*Musa* sp., AA group, Embrapa/CNPMPF 2803-01) were established from embryogenic calli initially obtained from male flower buds. Experiments on plantlet regeneration from suspension cells were carried out by evaluating different culture media. Effects of a culture system with a filter-paper-covered medium and maturation period on somatic embryos were also tested. The results showed that a low concentration of indole-3-acetic acid (IAA) in the culture media favored embryo development. The number of globular embryos was significantly increased on the culture medium covered by filter paper. Embryo-maturation period of 45 days was better than 28 days, producing greater number of matured embryos. Banana shoots and plantlets were obtained after four to five months from initiating regeneration process.

**Keywords:** *Musa*, embryogenesis, embryo, filter paper, maturation.

#### RESUMO

Culturas de células em suspensão de um híbrido diplóide de bananeira (*Musa* sp., grupo AA, Embrapa/CNPMPF 2803-01) foram estabelecidas a partir de calos inicialmente obtidos de gemas florais masculinas. Experimentos de regeneração de plântulas a partir das células em suspensão foram realizados avaliando diferentes meios de cultura. Foram também testados efeitos de um sistema de cultivo usando um meio coberto com papel-de-filtro e período de maturação em embriões somáticos. Os resultados mostraram que uma concentração baixa de ácido indole-3-acético (AIA) nos meios de cultura favoreceu o desenvolvimento de embriões. O número de embriões globulares foi significativamente maior no meio de cultura coberto com papel-de-filtro. Um período de maturação de embriões de 45 dias foi melhor do que o de 28 dias, produzindo um maior número de embriões maduros. Brotos e plântulas de banana foram obtidos após quatro a cinco meses do início do processo de regeneração.

**Palavras Chaves:** *Musa*, embriogênese, embrião, papel de filtro, maturação.

#### INTRODUCTION

Diploid banana varieties are a well-known source of genetic resistance to many biotic stresses that have limited banana cultivation. Resistance to diseases, such as *Fusarium* wilt, yellow and black Sigatoka, is found in several diploid bananas. Many of these diploid varieties are largely used in conventional breeding programs in Brazil and other countries. Establishment of embryogenic cell suspension cultures is of great importance for the future use of some technologies applied to characterization of gene function in banana.

Banana cell suspension culture and plant regeneration methods were already developed for some varieties (Dhed'a *et al.*, 1991; Cote *et al.*, 1996; Strosse *et al.*, 2003). However, depending on the variety, this process can show different levels of difficulty. From one variety to another, some modifications and adaptations in protocols are needed. The present study aimed to optimize a protocol for plant regeneration from suspension cells of an improved diploid variety already used in the Brazilian banana-breeding program.

<sup>1</sup> Pesquisador, Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, PqEB, Final Av. W5 Norte, 70770-900, Brasília-DF, Brasil. E-mail: kazumoto@cenargen.embrapa.br

## MATERIALS AND METHODS

A diploid hybrid banana (*Musa* sp., AA group, Embrapa/CNPMPF 2803-01), obtained in a cross between “Tuu Gia” (AA) x “Calcutta 4” (AA), was used as plant material. Calli were induced from flower buds of male inflorescence on MS medium (Murashige and Skoog, 1962) supplemented with 414  $\mu\text{M}$  Picloram, 492  $\mu\text{M}$   $\text{N}^6$ -(2-isopentenyl)adenine, 15.3mM MES, 0.3mM L-arginine, 30g·L<sup>-1</sup> sucrose, 2g·L<sup>-1</sup> Phytigel and 2g·L<sup>-1</sup> activated charcoal. After 4 to 5 months of culture, induced calli were transferred to a half strength of MS medium with 5  $\mu\text{M}$  2,4-dichlorophenoxyacetic acid (2,4-D), 1  $\mu\text{M}$  zeatin, 10mg·L<sup>-1</sup> ascorbic acid, 30g·L<sup>-1</sup> sucrose and 2g·L<sup>-1</sup> Phytigel. The calli were maintained on this medium for over a year, subculturing every 45 to 60 days in an incubator (28°C, dark). Establishment of cell suspension culture was carried out in Erlenmeyer flasks, by evaluating three kinds of liquid culture media previously reported, as follow: ZZ1 medium (Strosse et al., 2003) consisting of a half strength of macronutrients of MS salts, a full strength of micronutrients of MS salts and vitamins, 5  $\mu\text{M}$  2,4-D, 1  $\mu\text{M}$  zeatin, 10mg·L<sup>-1</sup> ascorbic acid and 30g·L<sup>-1</sup> sucrose; MA2 medium (Strosse et al., 2003) consisting of MS medium supplemented with 1mg·L<sup>-1</sup> biotin, 4.5  $\mu\text{M}$  2,4-D, 100mg·L<sup>-1</sup> L-glutamine, 100mg·L<sup>-1</sup> malt extract and 45g·L<sup>-1</sup> sucrose; and rice-cell-culture medium (Matsumoto and Oka, 1998) consisting of  $\text{N}_6$  salts (Chu et al., 1975), MS vitamins, 10mM L-proline, 5  $\mu\text{M}$  2,4-D, 300mg·L<sup>-1</sup> casein hydrolysate and 30g·L<sup>-1</sup> sucrose. The cultures were weekly subcultured and maintained on an orbital shaker (100 rpm, dark, 28  $\pm$  2°C) for two months.

Established cell suspension in the ZZ1 medium was further maintained for six months, subculturing every one or two weeks. Somatic embryo induction and development from the suspension cells were carried out, by evaluating different culture media (Table 1). About 500  $\mu\text{L}$  of settled-cell-volume (SCV) of the cell suspensions were transferred to 40-ml embryo induction medium (Table 1, medium A) and subcultured every 5 to 7 days (70 rpm, diffused light of about 6  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , 28  $\pm$  2°C). After 18 or 54 days of culture, produced proembryos and cells were transferred onto different semi-solid media (Table 1, B, C, D and E media) for embryo development (200  $\mu\text{L}$  SCV / 25 mL medium / Petri dish). The cultures were maintained under a 16-h light /8-h dark cycle at a light intensity of 42  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  at 28  $\pm$  2°C. Two months later, numbers of globular, heart and torpedo-type embryos were evaluated.

Culture system with or without filter-paper-covered medium (Cote et al., 1996) was tested. About 100  $\mu\text{L}$  SCV of the cell suspensions were transferred to a 9-cm Petri dish containing 25-mL B medium (Table 1) covered by a  $\frac{1}{4}$  part of 9-cm filter paper (Prolab). The cultures were maintained under a light intensity of 42  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  at 28  $\pm$  2°C. After one month the cultures with the filter paper were transferred to C medium (Table 1). Numbers of globular, heart and torpedo-type embryos produced were evaluated after 3 months of culture.

Two periods for embryo-maturation (28 or 45 days) were tested as follow. A settled-cell-volume of 100  $\mu\text{L}$  was transferred to 25-mL B medium without filter paper and maintained for 28 or 45 days at 28  $\pm$  2°C in the dark. The cultures were then transferred to E medium (Table 1) and further cultured for 80 days at 28  $\pm$  2°C under a light intensity of 42  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ . Number of globular embryos produced was evaluated.

Table 1. Culture media used for embryo induction and development of diploid banana.

| Component      | Medium A                                           | B                                          | C                                          | D                                        | E                                                    |
|----------------|----------------------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| Major nutrient | 1/2MS <sup>1</sup>                                 | 1/2MS                                      | 1/2MS                                      | MS                                       | MS                                                   |
| Minor nutrient | MS                                                 | MS                                         | MS                                         | MS                                       | MS                                                   |
| Vitamins       | MS                                                 | MS                                         | MS                                         | MW <sup>2</sup>                          | MS                                                   |
| Ascorbic acid  | 10mg·L <sup>-1</sup>                               | 10mg·L <sup>-1</sup>                       | 10mg·L <sup>-1</sup>                       | -                                        | -                                                    |
| L-proline      | 10mM                                               | 10mM                                       | -                                          | -                                        | -                                                    |
| auxin          | -                                                  | -                                          | -                                          | 11.4 $\mu\text{M}$ IAA                   | 2 $\mu\text{M}$ IAA                                  |
| cytokinin      | 10 $\mu\text{M}$ zeatin                            | -                                          | 1 $\mu\text{M}$ BAP                        | 2.2 $\mu\text{M}$ BAP                    | 2 $\mu\text{M}$ BAP                                  |
| Sucrose        | 30g·L <sup>-1</sup>                                | 30g·L <sup>-1</sup>                        | 30g·L <sup>-1</sup>                        | 30g·L <sup>-1</sup>                      | 20g·L <sup>-1</sup>                                  |
| Phytigel       | -                                                  | 2g·L <sup>-1</sup>                         | 2g·L <sup>-1</sup>                         | 3g·L <sup>-1</sup>                       | 2g·L <sup>-1</sup>                                   |
| pH             | 5.8                                                | 5.8                                        | 5.8                                        | 5.8                                      | 5.8                                                  |
| References     | Dhed'a et al., 1991; Matsumoto & Silva Neto, 2003. | Dhed'a et al., 1991; Strosse et al., 2003. | Dhed'a et al., 1991; Strosse et al., 2003. | Cote et al., 1996; Strosse et al., 2003. | Matsumoto & Oka, 1998; Matsumoto & Silva Neto, 2003. |

<sup>1</sup> Murashige & Skoog, 1962. <sup>2</sup> Morel & Wetmore, 1951.



The experimental design was completely randomized. Data were submitted to statistical analysis using *t*-statistics and Duncan's multiple range test ( $p < 0.05$ ).

## RESULTS AND DISCUSSION

Cell suspensions were obtained in all three liquid culture media evaluated (Fig.1-A). A tendency of larger cell cluster formation was observed in MA2, and cells frequently tended to be browned in rice-cell-culture medium. It seems that 5  $\mu$ M 2,4-D, which was common in all culture media tested, was imperative for the growth of the cell suspension cultures.

For globular embryo formation (Fig.1-B), no significant difference was observed in the media tested, but low concentration (2 $\mu$ M) of indole-3-acetic acid (IAA) in the media was favorable for embryo development, which was shown by the number of heart and torpedo type embryos (Table 2). Similar results were observed by Matsumoto & Oka (1998) and Assani et al. (2001) on 'Maçã' variety of AAB group and 'Grande Naine' variety of AAA group of banana, respectively. In both varieties, 2 to 11 $\mu$ M IAA together with 2 $\mu$ M BA increased the embryo development and further plant regeneration.

Table 2. Effect of different culture media on somatic embryo formation after two months of culture<sup>1</sup>.

| induction medium        | maturation medium | Globular embryos              | Heart and torpedo type embryos |
|-------------------------|-------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| for 18 days in medium A | medium B          | 12.3 $\pm$ 3.38 <sup>2a</sup> | 0.3 $\pm$ 0.33 <sup>b</sup>    |
|                         | medium C          | 19.6 $\pm$ 2.60 <sup>a</sup>  | 0 <sup>b</sup>                 |
|                         | medium D          | 26.3 $\pm$ 9.33 <sup>a</sup>  | 4.6 $\pm$ 1.45 <sup>c</sup>    |
| for 54 days in medium A | medium B          | 30.6 $\pm$ 9.13 <sup>a</sup>  | 0 <sup>b</sup>                 |
|                         | medium E          | 27.0 $\pm$ 1.15 <sup>a</sup>  | 8.3 $\pm$ 2.40 <sup>c</sup>    |

<sup>1</sup> Banana cells were previously cultured in liquid induction medium and transferred onto semi-solid maturation media. <sup>2</sup>Average number of embryos per Petri dish  $\pm$  standard error. <sup>a b c</sup> Different letters mean the data are significantly different ( $p < 0.05$ ).

Embryo formation was increased on the medium covered with filter paper (Table 3). Although a little embryo-browning on the filter-paper-covered system was observed, it did not hinder the cells from producing embryos. Besides, the filter-paper system made the transference of cells and embryos easier, not being necessary to picking them up one by one with tweezers.

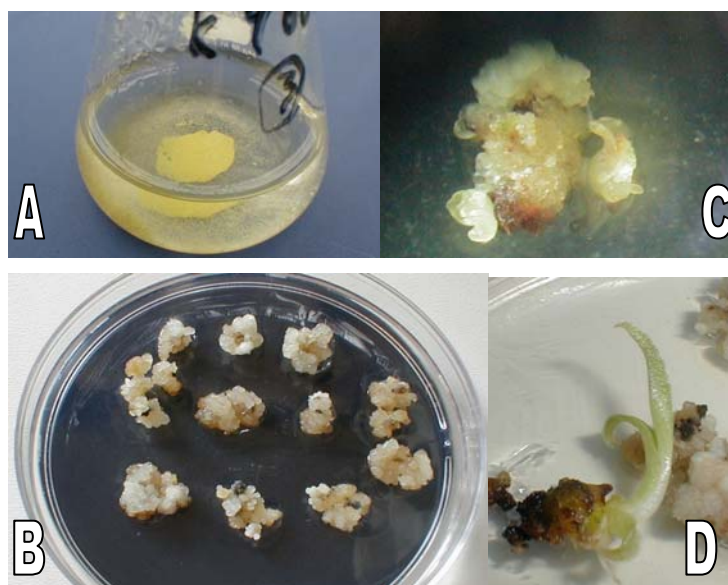


Figure 1. Plantlet regeneration from suspension cells of a diploid banana (*Musa* sp., AA group, Embrapa/CNPMPF 2803-01). A, cell suspension; B, globular embryos; C, germinating embryos; D, Plantlet regeneration.



Table 3. Effect of filter-paper covered system on somatic embryo formation .

| Treatment            | Globular embryos          |
|----------------------|---------------------------|
| with filter-paper    | 79.3 ± 5.48 <sup>1a</sup> |
| without filter-paper | 57.6 ± 5.33 <sup>b</sup>  |

<sup>1</sup> Average number of embryos per Petri dish ± standard error.

<sup>a b</sup> Different letters mean the data are significantly different (p<0.05).

Table 4. Effect of maturation period on somatic embryo formation.

| Treatment   | Globular embryos           |
|-------------|----------------------------|
| for 28 days | 60.7 ± 4.32 <sup>1a</sup>  |
| for 45 days | 127.6 ± 11.81 <sup>b</sup> |

<sup>1</sup> Average number of embryos per Petri dish ± standard error.

<sup>a b</sup> Different letters mean the data are significantly different (p<0.05).

A longer embryo maturation period (45 days) showed better results than a shorter one (28 days), producing double the number of matured embryos (Table 4). Suitable period for the embryo maturation may be different depending on banana variety and embryogenic cell quality. In a variety of AAB group banana, a period of 14 to 21 days is sufficient for embryo induction and maturation from embryogenic cell suspension (Matsumoto et al., 2002; Matsumoto & Silva, 2003). However, many of AAA and ABB group bananas need the embryo maturation period of 30 to 70 days (Novak et al., 1989; Dhed'a et al., 1991; Media et al., 1993; Grapin et al., 1996; Daniels et al., 2002; Strosse et al., 2003). In some case, germinating embryos increased when using up to 130 days of maturation period (Grapin et al., 1996). Completing the maturation period is very important to have further development and shoot regeneration, because immature embryos turn back to calli or die when they are transferred to plant regeneration medium. Banana shoots and plantlets were obtained after regeneration period of four to five months (Fig.1-C, D).

## CONCLUSION

The protocol here presented made possible the regeneration of shoots and plantlets from suspension cells of the diploid hybrid banana Embrapa/CNPMF 2803-01.

## ACKNOWLEDGMENTS

The authors thank Dr Sebastião de Oliveira e Silva for providing the diploid hybrid banana plants. This work was financially supported by Macroprograma 02-02-4-12 and 02-03-2-02 / Embrapa / MAPA / Brazil.

## REFERENCES

1. Assani, A.; Haicour, R.; Wenzel, G.; Cote, F.; Bakry, F.; Foroughi-Wehr, B.; Ducreux, G.; Aguillar, M.E.; Grapin, A. 2001. Plant regeneration from protoplasts of dessert banana cv. Grande Naine (*Musa* spp., Cavendish sub-group AAA) via somatic embryogenesis. *Plant Cell Rep.* 20: 482-488.
2. Chu, C.C.; Wang, C.C.; Sun, C.S.; Hsu, C.; Yin, K.C.; Chu, C.Y. 1975. Establishment of an efficient medium for anther culture of rice through comparative experiments on the nitrogen sources. *Sci. Sinica* 18: 659-668.
3. Cote, F.X.; Domergue, R.; Monmarson, S.; Schwendiman, J.; Teisson, C.; Escalant, J.V. 1996. Embryogenic cell suspensions from the male flower of *Musa* AAA cv. Grand nain. *Physiol. Plant.* 97: 285—290.
4. Daniels, D.; Kosky, R.G.; Vega, M.R. 2002. Plant regeneration system via somatic embryogenesis in the hybrid cultivars FHIA-21 (*Musa* sp. AAAB group). *In Vitro Cell. Dev. Biol. – Plant* 38: 330-333.
5. Dhed'a, D.; Dumortier, F.; Panis, B.; Vuylsteke, D.; De Langhe, E. 1991. Plant regeneration in cell suspension cultures of the cooking banana cv. 'Bluggoe' (*Musa* spp. ABB group). *Fruits* 46(2): 125—135.
6. Grapin, A.; Schwendiman, J.; Teisson, C. 1996. Somatic embryogenesis in plantain banana. *In Vitro Cell. Dev. Biol. – Plant* 32: 66-71.
7. Matsumoto, K.; Moraes, L.S.; Vianna, G.R.; Aragao, F.J.L.; Rech, E.L. 2002. Genetic transformation of banana embryogenic cells through particle bombardment using a herbicide resistance gene as selectable marker. *Acta Hort.* 575: 61-67.
8. Matsumoto, K.; Oka, S. 1998. Plant regeneration from protoplasts of a Brazilian dessert banana (*Musa* spp., AAB group). *Acta Hort.* 490: 455-462.

9. Matsumoto, K.; Silva Neto, S.P. 2003. Micropropagation of bananas. In: Jain, S.M.; Ishii, K. (eds.) Micropropagation of Woody Tree and Fruits, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, pp. 353-380.
10. Media, R.; Haicour, R.; Tizroutine, S.; Bui Trang, V.; Rossignol, L.; Sihachakr, D.; Schwendiman, J. 1993. Plant regeneration from cultured protoplasts of the cooking banana cv. Bluggoe (*Musa* spp., ABB group). Plant Cell Rep. 13: 41-44.
11. Morel, G.; Wetmore, R.H. 1951. Tissue culture of monocotyledons. American J. Bot. 38: 138-140.
12. Murashige, T.; Skoog, F. 1962. A revised medium for rapid growth and bio-assays with tobacco tissue cultures. Physiol. Plant. 15: 473—497.
13. Novak, F.J.; Afza, R.; Van Duren, M.; Perea-Dallos, M.; Conger, B.V.; Tang Xiaolang 1989. Somatic embryogenesis and plant regeneration in suspension cultures of dessert (AA and AAA) and cooking (ABB) bananas (*Musa* spp.). Bio/Technology 7: 154-159.
14. Strosse, H.; Domergue, R.; Panis, B.; Escalant, J.V.; Cote, F. 2003. Banana and plantain embryogenic cell suspensions. In: Vezina, A.; Picq, C. (eds.) INIBAP Technical Guidelines 8., INIBAP, Montpellier, France, 31p.

## THE INFLUENCE OF SUCKER MANAGEMENT ON PRODUCTION POTENTIAL OF TISSUE CULTURED CAVENDISH BANANAS IN THE SUBTROPICS

### L'EFFET DE LA GESTION DES REJETS SUR LE POTENTIEL DE PRODUCTION DES BANANES CAVENDISH ISSUES DE CULTURE DE TISSUE DANS LES REGIONS SUBTROPICALES

Connie Fraser<sup>1</sup>; John Charles Robinson<sup>2</sup> & John Patrick Bower<sup>3</sup>

#### RESUME

Des plantules de bananiers (cv. Grande Naine) issus de culture de tissu ont été mis en champ à la station de recherche Burgershall, Afrique du Sud, en décembre 1999 afin de déterminer l'effet sur la production qu'à le fait de planter un rejet qui était parmi les premiers sortis (1 à 6) comparativement à un qui étaient parmi les derniers à émerger (7 à 12). Les traitements consistaient en 6 rejets sélectionnés parmi ces deux types de rejets. Des données sur des paramètres de croissance et de rendement ont été collectées au cours de quatre cycles de production. Le type de rejet n'a eu aucun effet sur la productivité du premier cycle de production. Des différences au niveau de la vigueur des plants n'ont été observées que lors du deuxième cycle de production. Le type de rejet n'a eu aucun effet sur le poids du régime, peu importe le cycle de production. Le rendement annuel le plus élevé (t/ha/an) observé lors du deuxième cycle de production a été enregistré avec des rejets sortis en premier étant donné le court intervalle entre la récolte du premier cycle et celle du deuxième cycle de production. Cet avantage s'est répercuté sur les troisième et quatrième cycles de production, ce qui expliquerait pourquoi les rejets choisis parmi les premiers sortis ont obtenu le rendement annuel le plus élevé au cours des quatre cycles de production. Cette information peut être utilisée pour déterminer le meilleur moment pour sélectionner les rejets du deuxième cycle de production pour plantation en été ou en automne.

**Keywords:** *in vitro* propagation, management, productivity.

#### INTRODUCTION

Tissue culture plants produce many suckers soon after field establishment. The first series of suckers to emerge are referred to as the "first flush" (up to 6 suckers). Early destruction of these suckers allows another group to emerge and these are referred to as the "second flush" suckers (7 to 12 in sequence). In South Africa, the tendency is to select from the first flush, but sucker selection from the second flush is a technique now practiced worldwide. The aim of this study was to evaluate differences between "first flush" and "second flush" suckers, and influence these differences had on annual yield and lifetime of the plantation.

#### MATERIAL AND METHODS

Tissue culture plants (cv. Grand Nain) were established in a randomized block experiment in the cool subtropics at Burgershall Research Station (altitude 720 m; latitude 25°7' south; annual rainfall 970mm, South Africa) in December 1999 at a density of 1905 plants/ha. The trial comprised 6 sucker selection (SS) treatments from the first or second flushes x 4 replications x 12 data plants per plot. A single guard row was planted around each plot. Height of the sucker was measured at time of selection. At flowering of the parent plants, stem circumference and height of parent (PC) and selected ratoon 1 (R1) suckers as well as mean functional leaf area (MFLA) of top five leaves on the R1 suckers, were measured. MFLA was calculated by using the formula  $L \times W \times 0.83$ , where L = length of lamina, W = maximum width of lamina and 0.83 = an adjustment factor determined by Robinson and Nel (1985). Flower date, stem circumference and plant height in the R1, R2 and R3 crop cycles were also recorded. At harvest, bunch weights and number of hands per bunch for all cycles were recorded.

<sup>1</sup> ARC-ITSC, Private bag X501, Kiepersol, 1241, South Africa [connief@arc.agric.za](mailto:connief@arc.agric.za)

<sup>2</sup> Technical Director, Du Roi Laboratory, P.O. Box 1147, Letsitele, 0885, South Africa. [duroilab@mpu.co.za](mailto:duroilab@mpu.co.za)

<sup>3</sup> Professor Horticultural Science, University of Kwazulu-Natal, Private bag X01, Scottsville, 3209, South Africa. [bowerj@ukzn.ac.za](mailto:bowerj@ukzn.ac.za)

## RESULTS AND DISCUSSION

Results showed that none of the R1 SS treatments had an influence on vigour or production potential of parent plants (Table 1). The largest R1 suckers at parent crop flowering were measured on the early (4 months) treatment and smallest suckers on the late (10 months) treatment. MFLA was highest with the

early selection and smallest with the late selection, with no significant differences between the other treatments. Shortest R1 pseudostem heights were found with the early selection due to P and R1 competition. Differences in plant height and circumference recorded in the R2 or R3 cycles were not significant. Thus no morphological carry over effects occurred beyond R1. Time of SS had no effect on bunch weights in any crop cycle (Tables 2 and 3) which in turn had no significant effect on yield (t/ha). However, the shortest cycle from parent to ratoon 1 harvest (HPC-HR1) was measured with the early selection, resulting in the highest annual yield (t/ha/an) for the R1 cycle. This early cycle time advantage had a carry over effect which meant the highest annual yield over all 4 cycles was from the earliest (4 months) selection treatment.

Table 1. Morphological differences of PC and R1 crop cycles.

| TR  | PC     |       | R1 at flower of PC |       |       | R1     |       |
|-----|--------|-------|--------------------|-------|-------|--------|-------|
|     | Height | Circ. | Height             | Circ. | MFLA  | Height | Circ. |
| 1   | 280.6  | 82.81 | 206.9              | 58.98 | 0.765 | 306.0  | 88.42 |
| 2   | 274.5  | 81.61 | 132.3              | 40.70 | 0.224 | 323.2  | 92.14 |
| 3   | 280.0  | 82.54 | 136.6              | 40.85 | 0.246 | 330.6  | 91.42 |
| 4   | 280.4  | 82.36 | 94.7               | 33.12 | 0.126 | 319.7  | 90.78 |
| 5   | 281.3  | 83.27 | 127.7              | 39.98 | 0.214 | 334.8  | 94.02 |
| 6   | 274.1  | 82.41 | 154.2              | 46.09 | 0.352 | 315.2  | 89.41 |
| LSD | ns     | ns    | 19.6               | 5.13  | 14.1  | 14.1   | 3.15  |

Table 2. Components of yield for the PC and R1 crop cycles.

| TR  | PC          |            |                 | R1             |            |                 |
|-----|-------------|------------|-----------------|----------------|------------|-----------------|
|     | PL-H (days) | Bunch (kg) | Yield (t/ha/an) | HPC-HR1 (days) | Bunch (kg) | Yield (t/ha/an) |
| 1   | 507.2       | 40.55      | 55.55           | 276.0          | 39.27      | 108.4           |
| 2   | 497.8       | 37.10      | 51.68           | 348.0          | 41.47      | 86.4            |
| 3   | 507.5       | 39.10      | 53.27           | 409.0          | 39.72      | 69.4            |
| 4   | 506.5       | 40.32      | 55.12           | 475.0          | 42.32      | 65.8            |
| 5   | 493.0       | 36.55      | 51.30           | 419.5          | 41.42      | 73.0            |
| 6   | 509.5       | 37.37      | 52.15           | 352.8          | 37.75      | 81.3            |
| LSD | ns          | ns         | ns              | 58.64          | ns         | 12.8            |

Table 3. Components of yield for the R2 and R3 crop cycles

| TR  | R2             |            |                 | R3             |            |                 |
|-----|----------------|------------|-----------------|----------------|------------|-----------------|
|     | HR1-HR2 (days) | Bunch (kg) | Yield (t/ha/an) | HR2-HR3 (days) | Bunch (kg) | Yield (t/ha/an) |
| 1   | 370.1          | 42.4       | 84.0            | 418.6          | 40.38      | 79.1            |
| 2   | 425.5          | 39.9       | 68.9            | 452.7          | 43.70      | 70.3            |
| 3   | 381.5          | 43.3       | 81.9            | 480.5          | 40.10      | 64.6            |
| 4   | 398.2          | 40.8       | 76.1            | 460.3          | 38.88      | 64.8            |
| 5   | 410.6          | 41.6       | 73.4            | 462.8          | 39.10      | 60.7            |
| 6   | 390.6          | 40.6       | 72.8            | 480.2          | 40.58      | 61.6            |
| LSD | ns             | ns         | ns              | ns             | ns         | ns              |

## CONCLUSION

Differences in plant vigour were only measured in the R1 cycle with no significant differences in later cycles. Sucker selection from first or second flushes mainly had an influence on cycle time of the R1 crop with no effect on bunch weights in any crop cycle. This confirms results found by Eckstein, *et.al* (2001). The short cycle in the R1 resulted in an increase in R1 yield/annum which persisted for 4 cycles.

For December planting, suckers can be selected in April, resulting in a well-developed R1 sucker before winter. For later planting (January to April) winter intervenes and “months after planting” for each SS stage will be greatly increased. It will then be better to determine the correct stage for sucker selection according to height of the mother plant, which takes the winter dormancy into account. The sectorial sucker management system developed by Eckstein (1994) may be used as a guideline.

## ACKNOWLEDGEMENT

Many thanks to Anne Venzina of INIBAP for French translation.

## REFERENCES

1. Eckstein, K. 1994. Physiological responses of Banana (*Musa* AAA: cav. subgroup) in the Subtropics, Inaugural-Dissertation zur Erlangung des Grades Doktor der Agrarwissenschaften (Dr.agr.). 183–184
2. Eckstein, K., Fraser, C., Robinson, J.C. 2001. The timing of first ratoon sucker selection using tissue culture banana plants. *Acta Horticulturae*, 540: 273–278
3. Robinson, J.C., and Nel, D.J. 1985. Comparative morphology, phenology and production potential of banana cultivars ‘Dwarf Cavendish’ and ‘Williams’. *Scientia Horticulturae*, 25: 149-161



**PRÁTICAS DE CULTIVO  
CROP MANAGEMENT  
PRACTICAS DE CULTIVO**

## EFFECT OF DEHANDING ON FRUIT AND BUNCH CHARACTERS AND SHOOTING - HARVEST INTERVAL OF BANANA

### EFEITO DA DESPENCA NAS CARACTERÍSTICAS DE FRUTOS E CACHOS E NA REBROTA - INTERVALOS DE COLHEITA

Md. Abu Hasan<sup>1</sup>; Surajit Sarkar & Debashis Majumder\*

#### SUMMARY

This study examined the effect of hand removal on fruit and bunch characters and crop duration from shooting to harvest. There were three intensity of hand removal (1, 2 and 3 hand (s) removal) and at different time viz. immediately after opening of last hand, one week after opening of last hand, two weeks after opening of last hand and three weeks after opening of last hand. The experiment was carried out at the Horticultural Research Station, Mondouri, Bidhan Chandra Krishi Viswavidyalaya, India during the years 2003-2005. Dehanding decreased bunch weight over control and the intensity increased as the time of dehanding delayed from opening of last hand. On the other hand removal of three hands immediately after opening of last hand increased fruit weight, fruit length and fruit circumference over control to the maximum tune of 53.9, 34.5 and 13.9% respectively. In addition, dehanding also decreased shooting to harvest interval maximum by 18 days.

**Keywords:** crop management, productivity, India

#### INTRODUCTION

On a bunch, hands found at the base are very often larger in size than those in the terminal part. The later hands are usually discarded or in the best cases, sold as third quality. Thus, at least two or three hands in a bunch fail to achieve the quality standards required for the specialized markets, which in turn reduces income to the producer. If such hands were to be removed, the expectation would be that dry matter is redistributed among the remaining hands in the bunch and hence increase their size.

#### MATERIALS AND METHODS

The trial was conducted at Horticulture Research Station (23.6°N latitude and 86° E longitude), Mondouri, Bidhan Chandra Krishi Viswavidyalaya, Nadia, West Bengal, India with promising variety of this state Grande Naine (Cavendish sub group *Musa* AAA). The tissue cultured (TC) plants were planted at a spacing of 1.8m × 1.8m and this experiment was laid in augmented 2 factor factorial CRD. The experiment consisted different intensities of hand removal viz. removal of one hand (H<sub>1</sub>), removal of two hands (H<sub>2</sub>) and removal of three hands (H<sub>3</sub>) and time of hand removal viz. immediately after opening of last hand (R<sub>1</sub>), one week after opening of last hand (R<sub>2</sub>), two weeks after opening of last hand (R<sub>3</sub>) and three weeks after opening of last hand (R<sub>4</sub>) along with control without any hand removal. Three week old tissue cultured plantlets were planted and all of them provided with uniform cultural practices. Morphological observations like bunch weight, fruit weight, fruit length, fruit circumference, shooting to harvest interval, pulp weight and pulp: peel ratio were recorded for both the plant and ratoon-1. Pooled value of the both crop was considered for calculation. Fingers of Second hand were selected randomly for observation of the fruits. Treatment means were compared for main effects and interaction effect following augmented CRD analysis. Interaction means were further analysed by multivariate analysis like Principal Component Analysis (PCA) to find out the most desirable treatment combination (Dillon, W.R. and Goldstein, 1984).

#### RESULTS AND DISCUSSION

From the present investigation it was found from Table-1 that number of hand (s) removed had significant effect on bunch weight, fruit weight, fruit length, fruit circumference, shooting to harvest interval and pulp weight. Bunch weight decreased gradually when number of hands removed

<sup>1</sup> Department of Fruits and Orchard Management Faculty of Horticulture Bidhan Chandra Krishi Viswavidyalaya Mohanpur, Nadia, West Bengal, India – e-mail:mdahasan@yahoo.com

\* Department of Agricultural Statistics

increased. Considerably highest bunch weight (14.20 kg) was recorded with one hand was removed ( $H_1$ ). Time of hand removal and interaction effect of number hand removal and time of hand removal ( $H \times R$ ) significantly affected bunch weight. The treatment of hand removal immediately after opening of last hand ( $R_1$ ) produced maximum bunch weight of 13.82 kg. Interaction effect of one hand removal immediately after opening of last hand ( $H_1R_1$ ) recorded highest bunch weight (14.97 kg), closely followed by  $H_1R_2$  and  $H_1R_3$ . However, plants having no hand removal yielded significantly higher bunch weight over control. Where as fruit weight, fruit length, fruit circumference and fruit pulp weight went on increasing with the increase in number of hands removed. Time of hand removal significantly affected fruit length, fruit weight, fruit circumference and fruit pulp where as decreased significantly as and when time of hand removal was delayed from opening of last hand. Highest fruit length, fruit weight, fruit circumference and fruit pulp of 18.16 cm, 154.35 g, 15.31 cm and 102.54 g respectively were recorded with hand removal immediately after opening of hand ( $R_1$ ). Interaction effect of number of hand removal and time of hand removal significantly affected fruit weight, fruit length, fruit pulp weight and fruit circumference and treatment of hand removal also differed significantly as compared to control (Table-1). Loss of biomass was partially compensated by increasing fruit weight, length and circumference in the experiment of hand removal. Although they produced fruits of extra grade which fetch good premium price in the market. Treatments of hand removal at different time increased fruit weight, length and circumference through redistribution of dry matter content by reducing competition for photosynthate among the different hands. It appears from the experiment that a positive correlation exists between number of hand per bunch and the shooting-harvest interval. It was observed that shooting-harvest interval was reduced by 5-18 days with earliest removal of hands (immediately after opening of last hand ( $R_1$ )). Although pulp and peel ratio remained constant through out the experiment with out affected by number of hand removal ( $H$ ), time of hand removal ( $R$ ) and their interaction effect ( $H \times R$ ). These results were in similarity with the works done by Jones (1996).  $H_1$ ,  $H_2$ ,  $H_3$  -1, 2, 3 hand removal respectively:  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$ ,  $R_4$  -Immediately after, 1, 2, 3 week after opening of last hand respectively.

### Principle component analysis for evaluation of the treatments

Considering first two factors, which resulted Eigen values more than one (1), explained about 84.22% of total variation (Table-2). The first factor accounted for only 69.21% of the variation while the second component accounted for 15.01% of the variation. First factor was heavily loaded by fruit weight, pulp weight, fruit length and fruit circumference while negatively loaded by shooting to harvest interval. Hence the prominent cultivars for such positively loaded attributes and negatively loaded shooting to harvest interval (as lower value of it is desired) were mainly the treatments of  $H_3R_1$ ,  $H_3R_2$  and  $H_3R_3$ . Factor-2 loaded positively with pulp: peel ratio, pulp weight and fruit weight to diagnose promising treatments like  $H_1R_1$ ,  $H_1R_2$ ,  $H_3R_2$  and  $H_2R_4$ . It is clear from the scatter diagram presented in Fig.1 that the treatment of  $H_3R_2$  was most desirable one when both factors were considered together and also for optimum combination of desirable economical traits.

### CONCLUSION

Hand removal within two weeks after opening of last hand is helpful to produce extra grade banana.

### REFERENCE:

1. Dillon, W.R. and Goldstein (1984). *Multivariate analysis- Methods and Applications*. John Wiley and Sons, New York.
2. Jones, G.G. (1996) Effect of bunch trimming and double bunch covering on yield of bananas during winter in New South Wales. *Aus.J.Exp.Agric.*, 36: 229-235.

Table-1: Effect of dehanding on bunch characters and shooting-harvest interval

| Number of Hand removed |                   |                   |                  |                          |                          |                  |                  |
|------------------------|-------------------|-------------------|------------------|--------------------------|--------------------------|------------------|------------------|
| Treatment              | Bunch weight (kg) | Fruit Length (cm) | Fruit weight (g) | Fruit Circumference (cm) | Shooting -Harvest (Days) | Pulp weight. (g) | Pulp/P eel ratio |
| H <sub>1</sub>         | 14.20             | 16.01             | 136.27           | 14.36                    | 139.500                  | 89.10            | 1.977            |
| H <sub>2</sub>         | 12.83             | 17.14             | 140.76           | 14.66                    | 132.833                  | 93.32            | 1.967            |
| H <sub>3</sub>         | 12.34             | 19.02             | 167.57           | 16.04                    | 129.833                  | 111.08           | 1.966            |
| SEm (±)                | 0.451             | 0.266             | 1.527            | 0.092                    | 1.959                    | 1.078            | 0.017            |
| CD (P=0.05)            | 1.316             | 0.776             | 4.457            | 0.269                    | 5.718                    | 3.146            | NS               |

Time of hand removal

| Treatment      | Bunch weight (kg) | Fruit Length (cm) | Fruit weight (g) | Fruit Circumference (cm) | Shooting -Harvest (Days) | Pulp weight. (g) | Pulp/P eel ratio |
|----------------|-------------------|-------------------|------------------|--------------------------|--------------------------|------------------|------------------|
| R <sub>1</sub> | 13.82             | 18.16             | 154.35           | 15.31                    | 132.833                  | 102.54           | 1.980            |
| R <sub>2</sub> | 13.56             | 17.82             | 151.36           | 15.03                    | 133.611                  | 100.29           | 1.964            |
| R <sub>3</sub> | 13.24             | 17.57             | 149.55           | 14.90                    | 133.889                  | 99.07            | 1.964            |
| R <sub>4</sub> | 11.87             | 16.01             | 137.54           | 14.83                    | 135.889                  | 89.43            | 1.973            |
| SEm (±)        | 0.52              | 0.307             | 1.763            | 0.106                    | 2.262                    | 1.244            | 0.019            |
| CD (P=0.05)    | NS                | 0.896             | 5.146            | 0.309                    | NS                       | 3.631            | NS               |

Hand removal × Time

| Treatment                     | Bunch weight (kg) | Fruit Length (cm) | Fruit weight (g) | Fruit Circumference (cm) | Shooting -Harvest (Days) | Pulp weight. (g) | Pulp/P eel ratio |
|-------------------------------|-------------------|-------------------|------------------|--------------------------|--------------------------|------------------|------------------|
| H <sub>1</sub> R <sub>1</sub> | 14.97             | 16.39             | 140.83           | 14.40                    | 139.33                   | 93.75            | 1.992            |
| H <sub>1</sub> R <sub>2</sub> | 14.87             | 16.37             | 139.25           | 14.38                    | 139.33                   | 92.52            | 1.981            |
| H <sub>1</sub> R <sub>3</sub> | 14.62             | 16.24             | 137.28           | 14.34                    | 138.33                   | 90.83            | 1.958            |
| H <sub>1</sub> R <sub>4</sub> | 12.37             | 15.04             | 127.70           | 14.31                    | 141.00                   | 79.29            | 1.980            |
| H <sub>2</sub> R <sub>1</sub> | 13.50             | 17.98             | 148.13           | 15.26                    | 130.83                   | 98.38            | 1.977            |
| H <sub>2</sub> R <sub>2</sub> | 13.13             | 17.89             | 141.38           | 14.70                    | 132.17                   | 93.09            | 1.927            |
| H <sub>2</sub> R <sub>3</sub> | 12.67             | 17.63             | 143.17           | 14.37                    | 133.33                   | 95.10            | 1.980            |
| H <sub>2</sub> R <sub>4</sub> | 12.02             | 15.08             | 130.35           | 14.29                    | 135.00                   | 86.71            | 1.984            |
| H <sub>3</sub> R <sub>1</sub> | 12.98             | 20.11             | 174.08           | 16.26                    | 128.33                   | 115.49           | 1.971            |
| H <sub>3</sub> R <sub>2</sub> | 12.68             | 19.21             | 173.43           | 16.00                    | 129.33                   | 115.26           | 1.983            |
| H <sub>3</sub> R <sub>3</sub> | 12.45             | 18.85             | 168.20           | 15.99                    | 130.00                   | 111.29           | 1.956            |
| H <sub>3</sub> R <sub>4</sub> | 11.23             | 17.92             | 154.57           | 15.90                    | 131.67                   | 102.29           | 1.956            |
| SEm (±)                       | 0.901             | 0.532             | 3.054            | 0.184                    | 3.918                    | 2.155            | 0.034            |
| CD (P=0.05)                   | NS                | NS                | NS               | 0.537                    | 11.436                   | 6.264            | NS               |
| Control                       | 15.03             | 14.95             | 110.23           | 14.28                    | 146.33                   | 72.82            | 1.947            |

Control vs Rest

|             |       |       |       |       |        |       |       |
|-------------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|
| SEm (±)     | 1.786 | 1.052 | 6.096 | 0.364 | 7.768  | 4.279 | 0.037 |
| CD (P=0.05) | 3.686 | 2.171 | 7.393 | 0.751 | 16.032 | 9.180 | NS    |

| Parameters          | Factor |        |
|---------------------|--------|--------|
|                     | 1      | 2      |
| Bunch Weight        | -0.553 | 0.121  |
| Fruit length        | 0.949  | -0.081 |
| Fruit Weight        | 0.974  | 0.133  |
| Fruit Circumference | 0.929  | -0.102 |
| Shooting-harvest    | -0.944 | 0.024  |
| Pulp Weight         | 0.968  | 0.135  |
| Pulp: peel ratio    | 0.001  | 0.991  |
| Eigen values        | 4.845  | 1.051  |
| % of Variance       | 69.214 | 15.015 |
| Cumulative %        | 69.214 | 84.229 |

Table-2: Factor loading for factors with eigen values more than one following PCA

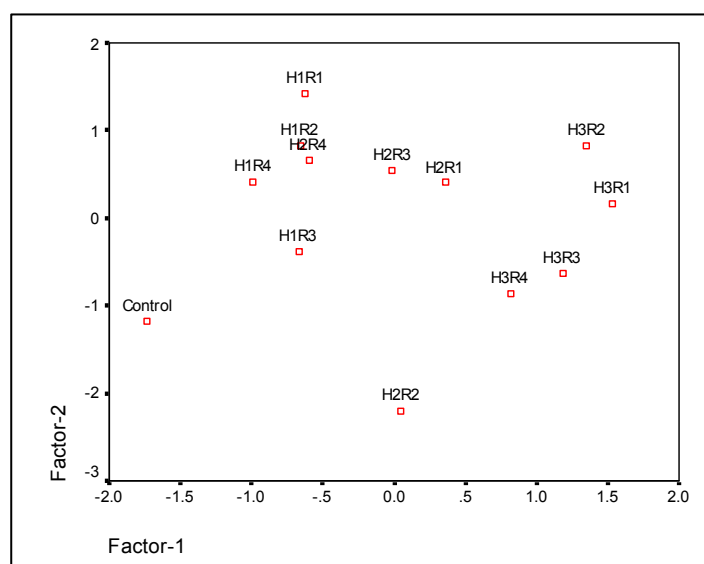


Fig. 1: Scatter diagram of regression factor scores due to PCA



**PODA DE MANOS EN EL CLON FHIA-21 (*Musa* AAAB) Y SU EFECTO SOBRE LAS  
DIMENSIONES DEL FRUTO Y ASPECTOS DE CALIDAD.****BUNCH TRIMMING IN FHIA-21 CLONE (*Musa* AAAB) AND EFFECTS OF FRUITS SIZE  
AND QUALITY ASPECTS.**

Gustavo Rodríguez<sup>1</sup>; Nelly Muñoz<sup>1</sup> & Julio Márquez<sup>1</sup>.

**RESUMEN**

Con el propósito de evaluar el efecto de la poda de manos sobre el comportamiento agronómico, producción y características del fruto del clon FHIA-21 (*Musa* AAAB), se desarrolló la presente investigación en la Estación Experimental "Samán Mocho" de la Universidad Central de Venezuela, Facultad de Agronomía, ubicada en el Municipio Carlos Arvelo del estado Carabobo a 450 m.s.n.m y perteneciente al Bosque Seco Tropical. Se usó un diseño experimental de cuadrado latino 4x4, representado por cuatro tratamientos e igual número de repeticiones. Los tratamientos consistieron en varias intensidades de poda de manos en racimos del plátano híbrido 'FHIA-21', dejando racimos a cuatro (P4), cinco (P5) y seis manos (P6) y un tratamiento de racimos sin poda como testigo (SP). Se evaluaron durante dos ciclos de producción variables de desarrollo en la planta tales como altura, días de siembra a floración, días de floración a cosecha, días de siembra a cosecha, hojas activas a floración y cosecha. En el racimo, se determinó el peso total y peso de las cuatro primeras manos. Finalmente, en los frutos se evaluaron las características de longitud externa e interna, diámetro, peso e índice de curvatura. Los resultados indican el efecto perjudicial de la poda de manos sobre el peso total del racimo, presentando los valores mayores el tratamiento sin poda (SP). No obstante, las cualidades de los frutos en cuanto a peso, longitud y grosor fueron mejoradas con la práctica de poda, siendo el tratamiento P4 el de mejor resultado. Se realizaron correlaciones entre peso del racimo y las cuatro primeras manos para cada tratamiento, presentando la segunda mano el coeficiente de correlación más alto en la mayoría de los casos. Se presentan los resultados de dos ciclos de cosecha, debido a la incidencia del Virus del Rayado del Banano (BSV) que durante el tercer ciclo ocasionó pérdidas considerables en las plantas del ensayo, siendo el único competidor biótico de importancia sobre el desarrollo del clon bajo las condiciones del estudio.

Palabras Clave: 'FHIA-21', clon, plátano, poda de manos, virus del rayado del banano

**SUMMARY**

In order to evaluate the effect of bunch trimming on clone FHIA 21 (*Musa* AAAB) agronomic behavior, production and fruits characteristics, was carried out this research at Experimental Station "Samán Mocho" of the Agronomy Faculty, Universidad Central de Venezuela, locates in the "Carlos Arvelo" County, Carabobo State, at 450 m.a.s.l., into the Tropical Dry Forest zone. A 4 x 4 Square Latin experimental design was used, with four treatments and repetitions. Four bunch trimming treatments were applied to a plantain hybrid 'FHIA-21': four hands bunch (P4), five hands bunch (P5), six hands bunch (P6) and no trimming bunch (SP). Development variables during two production cycles were evaluated: height, days from planting to flowering, days from flowering to harvest, days from planting to harvest, functional leaf number at flowering and harvest. Total bunch weight and first four hand weights were determinate. Fruit internal and external length, diameter, weight and curvature index were as well evaluated. Results indicate the detrimental effects of bunch trimming on total bunch weight; having no trimming bunch the highest values. Nevertheless, fruit weight, length and diameter were improved with bunch trimming treatments, being P4 the best. Correlation analysis between bunch weight and four first hands weight for each treatment were evaluated; second hand correlation coefficient was the highest almost all the time. Due to Banana Streak Virus (BSV) incidence, only two crop cycles results were study. This virus caused important losses during the third crop cycle. It was the only important pest under field experiment conditions.

Keywords: FHIA-21, clone, plantain, bunch trimming, BSV, Banana streak virus.

<sup>1</sup> Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Av. Universidad, El Limón. Maracay, estado Aragua. Apdo. postal 4579. [rodriguezg@agr.ucv.ve](mailto:rodriguezg@agr.ucv.ve).

## INTRODUCCION

Las Musáceas comestibles (banano o cambur, plátanos y topochos) se ubican en el lugar de mayor importancia dentro del sector frutícola del país, constituyen cultivos de gran preferencia por el consumidor y representan una alternativa energética de bajo costo. Los plátanos y topochos, denominados cultivares de cocción, son una fuente energética importante en países en vías de desarrollo, proporcionando un recurso de alimento básico para alrededor de 400 millones de personas (Picq *et al.*, 1999). En Venezuela, el cultivo del plátano se encuentra basado en el uso del clon Hartón, sembrándose para el año 2005 alrededor de 36.333 ha, con un rendimiento promedio aproximado de 12.079 kg.ha<sup>-1</sup> (MAT, 2006).

En los sistemas actuales de producción los atributos de calidad de fruta cada vez cobran mas espacio al momento de comercializar los productos. En el caso de Venezuela, donde la sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) repercute drásticamente sobre los productores de plátano, una alternativa sobre todo para pequeños productores, sería la siembra del clon FHIA-21, el cual se comporta resistente frente a esta enfermedad. No obstante, las dimensiones de sus frutos no alcanzan los atributos del Plátano 'Hartón' (*Musa* AAB), clon base de la producción nacional y de gran aceptación por los consumidores del país.

En la búsqueda de prácticas agronómicas más eficientes para lograr mayores rendimientos y mejores atributos de calidad en el fruto de este clon, se han realizado labores puntuales en el cultivo, dentro de las cuales destaca la poda de manos en los racimos, a fin de obtener mejoras en ciertas características del fruto, que semejen las de los clones tradicionalmente sembrados por los agricultores en diferentes países. La práctica de poda de manos ha sido reportada como beneficiosa en ciertos clones mejorando atributos físicos del fruto como longitud, grosor y peso (Vargas *et al.*, 1999), siendo de uso común, fundamentalmente en las plantaciones orientadas a la exportación de plátano, para lograr así los estándares exigidos en estos mercados altamente exigentes en calidad.

Esta investigación orientó sus objetivos en la evaluación del efecto de varias intensidades de poda de manos en racimos del clon FHIA-21 sobre el comportamiento agronómico, producción del cultivo y características del fruto a lo largo de tres ciclos de cosecha (2001-2003), bajo las condiciones agroecológicas del Bosque Seco Tropical.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Ubicación

La presente investigación se llevó a cabo en la Estación Experimental "Samán Mocho", de la Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela, localizada en el Municipio Carlos Arvelo del Estado Carabobo, siendo sus coordenadas 10° 05' 58" Latitud Norte y 67° 51' 40" Longitud Oeste, a una altura sobre el nivel del mar de 425 metros; perteneciente al Bosque Seco Tropical.

### Suelos

La investigación se estableció en un suelo Mollic Ustifluvents francosa fina mixta isohipertérmica, cuyas características generales más importantes son: material parental proveniente de depósitos lacustrinos calcáreo, paisaje de planicie lacustrina, relieve plano con menos del 2% de pendiente, presentando en el horizonte superficial una capa de suelo de origen aluvial y debajo de esta, en profundidad variable, una capa de suelo de origen lacustrino (Ramones *et al.*, 1982).

### Experimento

#### Material vegetativo

En el ensayo se utilizaron plantas *in vitro* del clon FHIA-21 (*Musa* AAAB), donadas por la Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA).

### Tratamientos

Se evaluaron cuatro intensidades de poda de manos en el racimo, representado por los siguientes tratamientos:

Poda a cuatro manos (P4)

Poda a cinco manos (P5)

Poda a seis manos (P5)  
Sin poda (SP)

#### Diseño Experimental

Se usó un diseño de cuadrado latino 4 x 4, representado por cuatro tratamientos y cuatro repeticiones, dando un total de 16 parcelas. Para la evaluación de las variables en el cultivo se tomó como unidad experimental 6 plantas efectivas dentro de cada parcela, en las cuales se llevó registro individual y se mantuvo la evaluación durante tres ciclos continuos de producción.

#### Variables Evaluadas

Durante el crecimiento del cultivo se evaluaron las siguientes variables en la planta, por un lapso de tres ciclos en forma ininterrumpida:

Días de siembra a floración: Evaluada solo en el primer ciclo de producción, consistió en llevar la duración en días desde el establecimiento del ensayo hasta el momento de emisión de la inflorescencia. Para ello, se realizaron evaluaciones cada tres días (al estar próxima la fecha de floración) recorriendo la plantación y anotando individualmente la fecha de floración de cada planta efectiva del ensayo.

Días de floración a cosecha: Bajo los mismos criterios de revisión individual a las plantas efectivas del ensayo, se determinó visualmente el momento óptimo de cosecha y se anotó la fecha de la misma; la cual se relaciona con la fecha en la cual emitió su inflorescencia.

Días de siembra a cosecha: Evaluada solo para el primer ciclo, consiste en la sumatoria del número de días tomados en las dos variables anteriores.

Altura de planta: Tomada al momento de floración en cada planta efectiva del ensayo.

Hojas activas a floración: Al momento de floración, se cuentan el número de hojas que no presentan problemas de daños mecánicos o presencia de enfermedades, tomando el área fotosintéticamente activa, descartando las hojas que presentan signos de senectud.

Hojas activas a cosecha: Similar a los criterios anteriores, solo que la evaluación se realizó en el momento de la cosecha del racimo.

Peso total del racimo: se realizó el corte y peso del racimo, utilizando para ello una romana (capacidad 100 kg.), llevando un registro individual por planta (cepa)

Luego de la cosecha, para cada uno de los tratamientos empleados se evaluó en una muestra de cuatro 4 frutos por cada mano del racimo (los dos dedos centrales superiores e inferiores) las siguientes variables:

Longitud externa del dedo: dada por la medición del arco superior o cara externa del fruto, utilizando para ello una cinta métrica.

Longitud interna del dedo: dada por la medición del arco inferior o cara interna del fruto, utilizando para ello una cinta métrica.

Diámetro del dedo: tomando la sección de la parte central del fruto, utilizando para ello una cinta métrica.

Peso del dedo: promedio del valor de los dos frutos internos y externos del dedo, utilizando para ello una balanza de capacidad 2,6 kg.

Índice de curvatura del dedo: relación entre la longitud externa e interna, donde valores igual a la unidad, indican dedos totalmente rectos.

Número de dedos por racimo: Una vez pesado el racimo, se procedió a contar todos los dedos presentes de acuerdo al tratamiento asignado a la planta efectiva

Manos por racimo: se tomó en consideración esta variable fundamentalmente para los racimos a libre crecimiento (tratamiento sin poda), ya que en el resto de los tratamientos se ha fijado con anterioridad el número de manos en el racimo.

## Análisis Estadístico

En los datos referentes a las variables de desarrollo de la planta se procedió a realizar un análisis de varianza (ANAVAR) para detectar posibles diferencias entre tratamientos. En el caso de las variables de los frutos, se realizó el mismo análisis tomando en consideración las cuatro primeras manos del racimo (manos comunes en todos los tratamientos), haciendo correlaciones para algunas de las variables de estudio. Se realizó además la prueba de medias de Duncan a las variables de desarrollo y frutos al 5% de significancia.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### VARIABLES DE DESARROLLO DE LA PLANTA.

Se evaluaron variables relacionadas con el crecimiento vegetativo y reproductivo de la planta en los ciclos de producción (Cuadro 1 y 2). En este sentido, se presenta la información correspondiente a la media de todas las plantas efectivas del ensayo independientemente de los tratamientos, ya que estos no condicionan el resultado o expresión de las características evaluadas. Además se calculó la desviación estándar e intervalos de confianza como medida de dispersión de los datos.

Cuadro 1. Variables de desarrollo en plantas de 'FHIA-21' en el primer ciclo de producción.

| Parámetro  | DSF               | DFC               | DSC               | Altura          | HAF              | HAC             |
|------------|-------------------|-------------------|-------------------|-----------------|------------------|-----------------|
| $X \pm S$  | 310,89 $\pm$ 2,86 | 108,47 $\pm$ 1,23 | 415,76 $\pm$ 2,95 | 2,73 $\pm$ 0,03 | 11,96 $\pm$ 0,13 | 6,87 $\pm$ 0,13 |
| Int. Conf. | 305,15 - 316,62   | 106,47 - 110,94   | 409,85 - 421,67   | 2,66 - 2,79     | 11,7 - 12,2      | 6,59 - 7,15     |
| % CV       | 0,92              | 1,13              | 0,71              | 1,20            | 1,08             | 2,02            |

$X \pm S$  : media  $\pm$  desviación estándar ; Int. Conf: intervalo de confianza con 95 % de probabilidad  
DSF: días de siembra a floración; DFC: días de floración a cosecha; DSC: días de siembra a cosecha;  
HAF: hojas activas a floración; HAC: hojas activas a cosecha.

Cuadro 2. Variables de desarrollo en plantas de 'FHIA-21' en el segundo ciclo de producción.

| Parámetro  | DFC               | Altura          | HAF              | HAC             |
|------------|-------------------|-----------------|------------------|-----------------|
| $X \pm S$  | 107,27 $\pm$ 1,40 | 2,88 $\pm$ 0,03 | 11,66 $\pm$ 0,12 | 7,24 $\pm$ 0,10 |
| Int. Conf. | 104,47 - 110,08   | 2,81 - 2,96     | 11,41 - 11,91    | 7,03 - 7,54     |
| % CV       | 1,30              | 1,33            | 1,06             | 1,41            |

$X \pm S$  : media  $\pm$  desviación estándar ; Int. Conf: intervalo de confianza con 95 % de probabilidad  
DFC: días de floración a cosecha; HAF: hojas activas a floración; HAC: hojas activas a cosecha

En líneas generales se puede observar que el clon FHIA-21 presentó una duración entre 305 y 317 días desde siembra hasta floración, mientras que el tiempo entre floración y cosecha para ambos ciclos de producción fue muy uniforme, oscilando entre 106 y 111 días. Finalmente, el ciclo total de las plantas de 'FHIA-21' bajo las condiciones del ensayo, se encuentran entre 410 a 422 días.

Para la altura de planta, los valores se presentaron en un rango entre 2,66 a 2,79 m para el primer ciclo de producción, en cambio, para el segundo ciclo se observó un ligero incremento, entre 2,81 a 2,96 m. FHIA (1994) señala alturas promedios en sus investigaciones de 2,84 m en el primer ciclo de producción, bajo las condiciones de Honduras. No obstante, Haddad (2001) señala alturas ligeramente superiores a 3 m bajo las mismas condiciones agroecológicas de este estudio.

En el caso de hojas activas a floración, se observó una gran uniformidad en los resultados, destacando valores comprendidos entre 11 y 12 hojas/planta en promedio. Esta variable está relacionada con la capacidad productiva de la planta, ya que a medida que esta posea mayor número de hojas activas al momento de floración, los rendimientos son superiores. Se tiene como valor de referencia, que 8 a 9 hojas son adecuadas para obtener un óptimo desarrollo del racimo (Danniells y Scott, 2001; Soto, 1985). Para las hojas activas a cosecha, los valores estuvieron comprendidos entre 6 a 8 hojas funcionales y sanas, lo que implica una ventaja desde el punto de vista de la eficiencia de producción en comparación con clones susceptibles a Sigatoka Negra, como por ejemplo el Plátano 'Hartón' (*Musa AAB*), el cual presenta una menor cantidad de hojas activas a floración y cosecha.

## CARACTERÍSTICAS EVALUADAS DEL RACIMO

En las características evaluadas del racimo se distingue una tendencia en los resultados a la disminución de sus valores del primer al segundo ciclo de producción, manteniéndose constantes su comportamiento y diferencias entre los tratamientos (Cuadro 3). Cabe destacar, que las evaluaciones del tercer ciclo no se presentan debido a la incidencia del Virus del Rayado del Banano (BSV); lo cual provocó entre otras cosas, pérdidas en muchas plantas del ensayo, producto del doblamiento del pseudotallo y caída cuando el racimo se encontraba todavía en crecimiento, sin poder llegar a su peso óptimo para cosecha.

Cuadro 3. Valores medios por tratamiento para las variables del racimo, en ambos ciclos de producción. Clon FHIA-21

| Tratamiento | Primer ciclo de producción |                  |                  | Segundo ciclo de producción |                  |                  |
|-------------|----------------------------|------------------|------------------|-----------------------------|------------------|------------------|
|             | Peso del Racimo (kg)       | Manos por Racimo | Dedos por Racimo | Peso del Racimo (kg)        | Manos por Racimo | Dedos por Racimo |
| SP          | 27.38 a                    | 7.33 a           | 114.8 a          | 25.31 a                     | 7.12 a           | 110.21 a         |
| P4          | 21.34 b                    | 4.0 d            | 61.6 d           | 19.91 b                     | 4.0 d            | 61.38 d          |
| P5          | 17.85 c                    | 5.0c             | 69.3 c           | 17.78 b                     | 5.0c             | 72.01 c          |
| P6          | 21.83 b                    | 6.0 b            | 84.6 b           | 21.08 ab                    | 6.0 b            | 85.71 b          |
| P<F         | *                          | *                | *                | *                           | *                | *                |
| CV (%)      | 8.96                       | 2.23             | 4.04             | 7.72                        | 1.42             | 4.04             |

SP:sin poda ; P4: poda a cuatro manos ; P5: poda a cinco manos ; P6: poda a seis manos (\*) diferencias significativas con  $\alpha = 0.05$ ; Tratamientos con letras iguales forman grupos homogéneos de acuerdo con la prueba de Duncan  $\alpha = 0.05$ .

Para el peso del racimo se obtuvieron diferencias significativas entre tratamientos para ambos ciclos de producción, siendo el tratamiento SP el que presentó mayor peso, dado la mayor cantidad de manos en el racimo. Con relación al número de dedos por racimo, igualmente el tratamiento SP presentó los mayores valores en ambos ciclos. El porcentaje de reducción en el número de dedos entre los tratamientos SP y P4 fue de 55%. Resultados similares reportan Arcila *et al.*, (2002).

En lo que concierne al peso de las manos, es de destacar que para los efectos de esta investigación se evaluaron el peso de las cuatro primeras manos en todos los tratamientos evaluados (P4, P5, P6 y SP) ya que son las manos en común para cada uno de los tratamientos, siendo las comparaciones más objetivas en términos de las diferencias encontradas por el efecto poda.

En este sentido se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos para esta variable en los dos ciclos de producción, donde el tratamiento de poda a cuatro manos (P4), resultó obtener los pesos mayores en las cuatro manos evaluadas, lo cual indica el efecto positivo de la poda de manos (Cuadro 4). Esto puede ser explicado a través de la posible interacción fuente-sumidero; ya que al eliminar manos inferiores en el racimo, proporciona una mayor cantidad de fotoasimilados dirigidos a un menor volumen de frutos, en comparación con un racimo a libre crecimiento (sin poda), provocando mayor acumulación de materia seca que se traducirá en mayor peso. Por otra parte, el efecto benéfico de la poda de manos sobre las dimensiones y peso del fruto obedece a que las últimas manos que no alcanzan tamaño comercial, constituyen una pérdida respiratoria para la planta, además de representar una distribución de materia seca no utilizada comercialmente, esperando entonces, que dicha materia seca se distribuya entre las manos que permanecen en el racimo, y en consecuencia aumente el peso y tamaño de los frutos (Quintero y Aristizábal, 2003).



Cuadro 4. Peso de las cuatro primeras manos para cada tratamiento durante dos ciclos de producción en el clon FHIA-21

| Tratamiento | Primer ciclo de producción  |             |             |             |
|-------------|-----------------------------|-------------|-------------|-------------|
|             | Peso mano 1                 | Peso mano 2 | Peso mano 3 | Peso mano 4 |
| SP          | 4.51 b                      | 4.21 b      | 3.93 b      | 3.62 b      |
| P4          | 5.89 a                      | 5.03 a      | 4.65 a      | 4.20 a      |
| P5          | 3.88 c                      | 3.56 c      | 3.21 d      | 2.91 d      |
| P6          | 4.16 c                      | 3.79 c      | 3.51 c      | 3.17 c      |
| CV(%)       | 10.61                       | 10.05       | 10.27       | 10.07       |
| F           | 16.47 (*)                   | 17.82 (*)   | 21.33 (*)   | 19.33 (*)   |
| Tratamiento | Segundo ciclo de producción |             |             |             |
|             | Peso mano 1                 | Peso mano 2 | Peso mano 3 | Peso mano 4 |
| SP          | 4.31 b                      | 4.08 b      | 3.77 b      | 3.44 b      |
| P4          | 5.48 a                      | 4.83 a      | 4.37 a      | 4.82 a      |
| P5          | 3.97 c                      | 3.63 c      | 3.17 c      | 2.86 c      |
| P6          | 4.09 bc                     | 3.77 c      | 3.37 c      | 3.03 c      |
| CV(%)       | 8.66                        | 8.93        | 11.01       | 12.21       |
| F           | 1.30 (*)                    | 7.13 (*)    | 7.20 (*)    | 4.32 (*)    |

SP:sin poda ; P4: poda a cuatro manos ; P5: poda a cinco manos ; P6: poda a seis manos.

(\*) diferencias significativas con  $\alpha = 0.05$ . Tratamientos con letras iguales forman grupos homogéneos de acuerdo con la prueba de Duncan con  $\alpha = 0.05$ . F: valor de la prueba de f.

#### CARACTERÍSTICAS DEL FRUTO

Tomando en cuenta los resultados de las cuatro primeras manos del racimo, independientemente del tratamiento observado, se tiene que todas las variables evaluadas presentan la tendencia de disminuir sus valores a medida que se desciende de la primera a la cuarta mano en el racimo, a excepción del índice de curvatura (IC). Los valores en la mano basal (mano superior del racimo) son superiores y comienzan a disminuir progresivamente hasta la cuarta mano, última para los efectos de análisis en este trabajo (Cuadros 5 al 8).

Para el índice de curvatura (IC), la tendencia fue a aumentar ligeramente su valor de la primera a la cuarta mano evaluada y fue la única variable en no presentar diferencias significativas entre tratamientos en las cuatro manos estudiadas. Este índice relaciona la longitud externa y la longitud interna (LE/LI), si se obtiene como valor la unidad (1), indica presencia de dedos totalmente rectos, no obstante, los valores son superiores, siendo mayores en la cuarta mano (1,25) comparado con la primera mano del racimo (1,09), indicando que los dedos se tornan mas curvos en las manos inferiores del racimo.

La variable peso del dedo resultó tener diferencias significativas entre tratamientos para todas las manos evaluadas. Los mayores pesos se obtuvieron con el tratamiento P4, lo cual hace ver el efecto benéfico de la poda de manos sobre el llenado del fruto, principalmente debido a que los fotoasimilados producidos por la planta son dirigidos a un volumen menor de frutos, y por consiguiente un menor sumidero, que promueve el mejor desarrollo de los mismos (Jullien *et al.*, 2001). Del mismo modo, se mantuvieron los pesos por encima de 300 g en el tratamiento P4 para las cuatro manos estudiadas, considerado esto como un estándar óptimo de calidad en el comercio de plátano (Nava *et al.*, 1996), el resto de los tratamientos obtuvieron pesos considerablemente inferiores. Para las variables de longitud y diámetro del dedo, se presentaron diferencias significativas para las dos primeras manos, siendo el tratamiento P4 el de mejores características, incluso para todas las manos evaluadas.

Cuadro 5. Características del fruto de la Mano 1 en dos ciclos de producción para el clon FHIA-21.

| Primer ciclo de producción  |                       |         |                       |         |               |        |                   |          |                     |        |
|-----------------------------|-----------------------|---------|-----------------------|---------|---------------|--------|-------------------|----------|---------------------|--------|
| Tratamiento                 | Longitud Externa (cm) |         | Longitud Interna (cm) |         | Diámetro (cm) |        | Peso del dedo (g) |          | Índice de Curvatura |        |
|                             | DI                    | DE      | DI                    | DE      | DI            | DE     | DI                | DE       | DI                  | DE     |
| SP                          | 22.09 c               | 22.86 c | 20.23 c               | 19.69 c | 4.30 b        | 4.23 b | 251.18 b          | 242.10 b | 1.09 a              | 1.16 a |
| P4                          | 26.32 a               | 26.71 a | 24.49 a               | 22.90 a | 4.70 a        | 4.66 a | 357.50 a          | 326.83 a | 1.07 a              | 1.16 a |
| P5                          | 24.22 b               | 24.54 b | 22.00 b               | 20.66 b | 3.72 c        | 3.73 c | 253.92 b          | 241.60 b | 1.10 a              | 1.18 a |
| P6                          | 24.65 b               | 25.05 b | 22.36 b               | 21.45 b | 4.19 b        | 4.18 b | 267.13 b          | 253.46 b | 1.10 a              | 1.17 a |
| CV %                        | 4.59                  | 4.79    | 3.99                  | 6.09    | 6.14          | 5.41   | 10.33             | 12.76    | 2.29                | 3.40   |
| Pr < F                      | *                     | *       | *                     | *       | *             | *      | *                 | *        | ns                  | ns     |
| Segundo ciclo de producción |                       |         |                       |         |               |        |                   |          |                     |        |
| Tratamiento                 | Longitud Externa (cm) |         | Longitud Interna (cm) |         | Diámetro (cm) |        | Peso del dedo (g) |          | Índice de Curvatura |        |
|                             | DI                    | DE      | DI                    | DE      | DI            | DE     | DI                | DE       | DI                  | DE     |
| SP                          | 21.71 c               | 22.35 c | 19.76 c               | 19.25 c | 4.16 b        | 4.12 a | 249.43 b          | 239.61 b | 1.09 a              | 1.16 a |
| P4                          | 25.67 a               | 26.27 a | 24.10 a               | 22.66 a | 4.67 a        | 4.61 a | 338.73 a          | 325.55 a | 1.06 a              | 1.16 a |
| P5                          | 23.87 b               | 24.34 b | 22.04 b               | 20.76 b | 3.83 c        | 3.83 a | 255.87 b          | 243.26 b | 1.08 a              | 1.17 a |
| P6                          | 24.12 b               | 24.89 b | 21.92 b               | 21.05 b | 4.31 b        | 4.21 a | 256.75 b          | 247.23 b | 1.10 a              | 1.18 a |
| CV %                        | 4.65                  | 4.83    | 5.15                  | 5.60    | 6.91          | 5.66   | 7.62              | 7.70     | 3.43                | 3.90   |
| Pr < F                      | *                     | *       | *                     | *       | *             | ns     | *                 | *        | ns                  | ns     |

Cuadro 6. Características del fruto de la Mano 2 en el primer ciclo de producción clon FHIA-21.

| Primer ciclo de producción  |                       |         |                       |         |               |        |                   |          |                     |        |
|-----------------------------|-----------------------|---------|-----------------------|---------|---------------|--------|-------------------|----------|---------------------|--------|
| Tratamiento                 | Longitud Externa (cm) |         | Longitud Interna (cm) |         | Diámetro (cm) |        | Peso del dedo (g) |          | Índice de Curvatura |        |
|                             | DI                    | DE      | DI                    | DE      | DI            | DE     | DI                | DE       | DI                  | DE     |
| SP                          | 23.64 a               | 24.28 a | 22.06 a               | 21.12 a | 4.24 a        | 4.19 a | 248.00 b          | 235.92 b | 1.07 a              | 1.15 a |
| P4                          | 25.11 a               | 25.62 a | 23.02 a               | 21.46 a | 4.56 a        | 4.50 a | 318.80 a          | 298.17 a | 1.09 a              | 1.19 a |
| P5                          | 24.02 a               | 24.57 a | 21.88 a               | 20.90 a | 3.68 a        | 3.67 a | 246.04 b          | 232.48 b | 1.09 a              | 1.17 a |
| P6                          | 24.53 a               | 25.01 a | 22.05 a               | 21.26 a | 4.24 a        | 4.16 a | 256.43 b          | 244.63 b | 1.11 a              | 1.17 a |
| CV %                        | 5.55                  | 4.81    | 4.96                  | 6.27    | 6.07          | 6.16   | 9.42              | 10.91    | 3.31                | 3.61   |
| Pr < F                      | ns                    | ns      | ns                    | ns      | ns            | ns     | *                 | *        | ns                  | ns     |
| Segundo ciclo de producción |                       |         |                       |         |               |        |                   |          |                     |        |
| Tratamiento                 | Longitud Externa (cm) |         | Longitud Interna (cm) |         | Diámetro (cm) |        | Peso del dedo (g) |          | Índice de Curvatura |        |
|                             | DI                    | DE      | DI                    | DE      | DI            | DE     | DI                | DE       | DI                  | DE     |
| SP                          | 22.77 a               | 23.49 a | 21.01 a               | 20.61 a | 4.08 b        | 4.09 b | 238.61 b          | 229.70 b | 1.08 a              | 1.14 a |
| P4                          | 24.75 a               | 25.20 a | 22.65 a               | 21.47 a | 4.60 a        | 4.55 a | 309.09 a          | 297.43 a | 1.09 a              | 1.17 a |
| P5                          | 23.73 a               | 24.28 a | 21.50 a               | 20.40 a | 3.69 c        | 3.68 c | 240.83 b          | 229.61 b | 1.10 a              | 1.19 a |
| P6                          | 24.00 a               | 24.68 a | 21.76 a               | 20.69 a | 4.17 b        | 4.13 b | 237.77 b          | 228.80 b | 1.10 a              | 1.19 a |
| CV %                        | 5.67                  | 5.13    | 5.66                  | 5.54    | 5.86          | 5.91   | 8.68              | 8.84     | 3.07                | 3.77   |
| Pr < F                      | ns                    | ns      | ns                    | ns      | ns            | ns     | *                 | *        | ns                  | ns     |

SP: sin poda; P4: poda a cuatro manos; P5: poda a cinco manos; P6: poda a seis manos; DI: dedo interno; DE: dedo externo (\*) diferencias significativas con  $\alpha = 0.05$  (ns) no hay diferencias significativas con  $\alpha = 0.05$  Tratamientos con letras iguales forman grupos homogéneos de acuerdo con la prueba de Duncan con  $\alpha = 0.05$

**Cuadro 7. Características del fruto de la Mano 3 en dos ciclos de producción para el clon FHIA-21.**

| Primer ciclo de producción  |                       |         |                       |         |               |        |                   |          |                     |        |
|-----------------------------|-----------------------|---------|-----------------------|---------|---------------|--------|-------------------|----------|---------------------|--------|
| Tratamiento                 | Longitud Externa (cm) |         | Longitud Interna (cm) |         | Diámetro (cm) |        | Peso del dedo (g) |          | Índice de Curvatura |        |
|                             | DI                    | DE      | DI                    | DE      | DI            | DE     | DI                | DE       | DI                  | DE     |
| SP                          | 22.76 a               | 23.54 a | 20.98 a               | 19.82 a | 4.19 a        | 4.16 a | 239.05 b          | 225.36 b | 1.08 a              | 1.18 a |
| P4                          | 24.88 a               | 25.28 a | 22.63 a               | 21.59 a | 4.50 a        | 4.44 a | 306.81 a          | 286.75 a | 1.10 a              | 1.17 a |
| P5                          | 23.80 a               | 24.37 a | 21.14 a               | 19.52 a | 3.63 a        | 3.69 a | 232.97 b          | 217.74 b | 1.12 a              | 1.24 a |
| P6                          | 24.15 a               | 24.86 a | 22.58 a               | 21.15 a | 4.14 a        | 4.16 a | 245.07 b          | 229.93 b | 1.10 a              | 1.19 a |
| CV %                        | 5.13                  | 5.20    | 5.64                  | 7.35    | 7.15          | 6.40   | 11.09             | 12.69    | 3.45                | 5.73   |
| Pr < F                      | ns                    | ns      | ns                    | ns      | ns            | ns     | *                 | *        | ns                  | ns     |
| Segundo ciclo de producción |                       |         |                       |         |               |        |                   |          |                     |        |
| Tratamiento                 | Longitud Externa (cm) |         | Longitud Interna (cm) |         | Diámetro (cm) |        | Peso del dedo (g) |          | Índice de Curvatura |        |
|                             | DI                    | DE      | DI                    | DE      | DI            | DE     | DI                | DE       | DI                  | DE     |
| SP                          | 22.30 a               | 23.01 a | 20.44 a               | 19.84 a | 4.07 a        | 4.05 a | 227.76 b          | 219.04 b | 1.09 a              | 1.16 a |
| P4                          | 24.46 a               | 24.76 a | 22.07 a               | 21.09 a | 4.48 a        | 4.36 a | 291.52 a          | 274.38 a | 1.11 a              | 1.18 a |
| P5                          | 23.07 a               | 23.80 a | 20.75 a               | 19.75 a | 3.63 a        | 3.65 a | 222.09 b          | 209.35 b | 1.11 a              | 1.20 a |
| P6                          | 23.71 a               | 24.52 a | 22.02 a               | 20.95 a | 4.10 a        | 4.05 a | 222.55 b          | 210.02 b | 1.14 a              | 1.18 a |
| CV %                        | 4.50                  | 4.35    | 5.18                  | 5.72    | 5.86          | 5.77   | 9.46              | 10.01    | 9.28                | 4.59   |
| Pr < F                      | ns                    | ns      | ns                    | ns      | ns            | ns     | *                 | *        | ns                  | ns     |

**Cuadro 8. Características del fruto de la Mano 4 en el primer ciclo de producción clon FHIA-21.**

| Primer ciclo de producción  |                       |          |                       |         |               |        |                   |          |                     |        |
|-----------------------------|-----------------------|----------|-----------------------|---------|---------------|--------|-------------------|----------|---------------------|--------|
| Tratamiento                 | Longitud Externa (cm) |          | Longitud Interna (cm) |         | Diámetro (cm) |        | Peso del dedo (g) |          | Índice de Curvatura |        |
|                             | DI                    | DE       | DI                    | DE      | DI            | DE     | DI                | DE       | DI                  | DE     |
| SP                          | 21.30 c               | 22.36 a  | 19.71 a               | 18.64 a | 4.12 a        | 4.10 a | 224.71 b          | 213.96 b | 1.08 a              | 1.20 a |
| P4                          | 24.74 a               | 24.87 a  | 20.77 a               | 19.58 a | 4.43 a        | 4.37 a | 292.37 a          | 273.58 a | 1.15 a              | 1.27 a |
| P5                          | 22.89 b               | 23.02 a  | 20.14 a               | 18.26 a | 3.68 a        | 3.58 a | 215.50 b          | 201.51 b | 1.13 a              | 1.26 a |
| P6                          | 23.76 b               | 24.33 a  | 21.31 a               | 20.08 a | 4.10 a        | 4.03 a | 228.32 b          | 212.50 b | 1.12 a              | 1.24 a |
| CV %                        | 5.80                  | 6.37     | 6.22                  | 7.12    | 7.62          | 7.61   | 11.68             | 13.77    | 3.90                | 4.82   |
| Pr < F                      | *                     | ns       | ns                    | ns      | ns            | ns     | *                 | *        | ns                  | ns     |
| Segundo ciclo de producción |                       |          |                       |         |               |        |                   |          |                     |        |
| Trat.                       | Longitud Externa (cm) |          | Longitud Interna (cm) |         | Diámetro (cm) |        | Peso del dedo (g) |          | Índice de Curvatura |        |
|                             | DI                    | DE       | DI                    | DE      | DI            | DE     | DI                | DE       | DI                  | DE     |
| SP                          | 21.32 c               | 21.99 b  | 19.63 b               | 19.02 a | 3.93 a        | 3.87 a | 217.85 b          | 208.04 b | 1.08 a              | 1.15 a |
| P4                          | 24.11 a               | 24.32 a  | 20.95 a               | 19.67 a | 4.37 a        | 4.30 a | 263.18 a          | 247.30 a | 1.15 a              | 1.23 a |
| P5                          | 22.38 b               | 22.83 ab | 19.77 ab              | 18.63 a | 3.53 a        | 3.47 a | 206.93 b          | 192.72 b | 1.14 a              | 1.22 a |
| P6                          | 23.22 ab              | 24.06 a  | 21.05 ab              | 20.31 a | 4.00 a        | 3.96 a | 206.73 b          | 194.36 b | 1.12 a              | 1.18 a |
| CV %                        | 5.39                  | 5.41     | 5.84                  | 6.77    | 6.42          | 6.22   | 10.89             | 11.93    | 3.70                | 4.18   |
| Pr < F                      | *                     | *        | *                     | ns      | ns            | ns     | *                 | *        | ns                  | ns     |

SP: sin poda; P4: poda a cuatro manos; P5: poda a cinco manos; P6: poda a seis manos; DI: dedo interno; DE: dedo externo (\*) diferencias significativas con  $\alpha = 0.05$  (ns) no hay diferencias significativas con  $\alpha = 0.05$

Tratamientos con letras iguales forman grupos homogéneos de acuerdo con la prueba de Duncan con  $\alpha = 0.05$

Los resultados obtenidos con esta práctica de poda de manos pueden ser contrastantes, encontrando diferencias en algunos casos y en otros no. Algunos autores no encuentran diferencias entre tratamientos de poda para las características de grosor, peso y longitud del fruto en 'FHIA-21' (Delgado *et al.*, 2003), así como en otros clones de *Musa* AAB como 'Falso Cuerno', donde no se señalan efectos para la longitud y el diámetro, más si para la variable peso del dedo (Vargas *et al.*, 1999). Del mismo modo, en el clon de banano 'Valery', se reportan resultados desfavorables con el uso de la poda de manos, ya que no influye sobre mejoras en las características de los frutos (Soto, 1985; Vargas *et al.*, 1999; Vargas y Blanco, 2000).

Sin embargo, para las condiciones de este estudio, se evidencian claramente las ventajas de esta práctica al observarse algunos cambios en características de peso, longitud y grosor del fruto que le confieren mejores cualidades para la comercialización del producto. Resultados similares son señalados por (Rivera *et al.*, 1996; Daniells y Scott, 2001; Rodrigues *et al.*, 2002; Arcila *et al.*, 2002; Quintero y Aristizábal, 2003.)

## CONCLUSIONES

La práctica de poda de manos resulta ventajosa si se desea mejorar la calidad de los frutos para aquellos canales de comercialización o mercados donde se consideren estos aspectos como diferenciales en cuanto al valor de la producción. En otros tipos de mercado, donde la comercialización y valor del producto sea considerado exclusivamente en cuanto al peso de la fruta (sin tomar en cuenta otros aspectos de calidad), no convendría el uso de la poda de manos por afectar notablemente el peso del racimo, visto como unidad.

Para las características de los frutos, tomando en cuenta las cuatro primeras manos del racimo, la poda a cuatro manos (P4) provocó un aumento y mejoras de las características de longitud, grosor y peso con respecto al resto de los tratamientos. La única variable que presentó diferencias significativas entre tratamientos en las cuatro manos evaluadas fue peso del dedo.

La variable peso del racimo es afectada significativamente por los tratamientos de poda, presentando las plantas sin poda (SP) los valores mayores de esta variable, comparado con el resto de los tratamientos.

## BIBLIOGRAFIA

1. Arcila, P.; Valencia, M.; Belalcázar, C.; y Morales, O. 2002. Efecto del desmane sobre la calidad y la producción del híbrido de plátano FHIA-21. En: XV Reunión Internacional ACORBAT 2002. Cartagena de Indias, Colombia. Pp. 446-449.
2. Daniells, J and Foster, S. 2001. Is the number of hands relative to leaf number important. In. Banatopics. Department of Primary Industries. Queensland, Australia. 5p.
3. Delgado, E; González, O; Moreno, N y Romero, D. 2003. Efecto del desmane sobre el peso del racimo y las dimensiones del fruto del híbrido de plátano FHIA-21 (*Musa* AAAB). BIOAGRO 15(1): 17-22.
4. Haddad, O. 2001. Estudio de la resistencia en musáceas a la sigatoka negra y amarilla. Aspectos químicos, bioquímicos, moleculares y genéticos. Segundo informe de avance al FONACIT. Maracay, Venezuela. pp 29-30
5. Jullien, A; Munier-Jolain, N; Malézieux, E; Chillet, M and Ney, B. 2001. Effect of pulp cell number and assimilate availability on dry matter accumulation rate in a Banana fruit (*Musa* AAA 'Grande Naine' Cavendish Subgroup). Annals of Botany 88(2):321-330
6. MAT. 2006. Dirección de Información y Estadística. Ministerio de Agricultura y Cría. Cifras de producción de plátano en Venezuela.
7. Navas, B.N.; Fuentes, J.E.; Gómez, D.A.; Nava, C. y Balza, H.J. 1996. Caracterización de modelos gerenciales de sistemas de producción de plátanos (*Musa* AAB plátano cv. Hartón), Microregión Chama, Sur del Lago de Maracaibo. Rev. Fac. Agron (LUZ). Venezuela 13: 457-467.
8. Picq, C; Fouré, E and Frison, E.A. 1998. Bananas and food security. International Symposium. Douala, Camerún. 795 p.
9. Quintero, J y Aristizábal, L. 2003. Efecto del desmane sobre las características productivas de 'Dominico-Hartón' y 'África' en Colombia. INFOMUSA 12 (1): 44-46.
10. Rivera, J; Deras, J; Rosales, F; Rowe, F. 1996. Efecto del uso de vitroplantas y dos regímenes de desmane sobre el comportamiento del plátano híbrido FHIA-21 (*Musa* AAAB). En: XII Reunión Internacional ACORBAT. Santo Domingo, República Dominicana. Pp 130-134.
11. Rodrigues, M; Ferreira, R y Menegucci, J. 2002. Efeito da poda da ultima penca do cacho da bananeira Prata Ana (AAB) irrigada na producao de frutos no norte de Minas Gerais. Rev. Bras. Frutic. 24(1):108-110. Jabotical, Sao Paulo, Brasil.
12. Soto, M. 1985 Banano. Cultivo y Comercialización, San José, Costa Rica. 463p.
13. Vargas, A; Sandoval, J; Blanco, F. 1999. Efecto del desmane sobre la calidad del racimo en plátano cv. Falso Cuerno (*Musa* AAB) enano y semigigante. CORBANA 26 (52):129-142.
14. Vargas, A y Blanco, F. 2000. Consideraciones metodológicas para la evaluación del desmane en banano (*Musa* AAA, cv. Valery). INFOMUSA 9(2): 19-21

## PRODUÇÃO DE PRIMEIRO CICLO DAS BANANEIRAS 'PRATA ANÃ', 'THAP MAEO' E 'CAIPIRA' SOB TRÊS SISTEMAS DE PLANTIO NO NORTE DE MINAS GERAIS, BRASIL

### FIRST CYCLE PRODUCTION OF 'PRATA ANÃ', 'THAP MAEO' AND 'CAIPIRA' BANANAS ON THREE PLANTING SYSTEMS IN THE NORTH OF THE STATE OF MINAS GERAIS, BRAZIL

Marlon Cristian Toledo Pereira<sup>1</sup>; Silvia Nietzsche<sup>1</sup>; Valdeir Dias Gonçalves<sup>2</sup>; Roberto Célio Antunes Júnior<sup>3</sup>; Manoel Xavier Oliveira Júnior<sup>3</sup>; Janaina Ribeiro Oliveira<sup>3</sup>; Telma Miranda dos Santos<sup>3</sup>; Sebastião de Oliveira e Silva<sup>4</sup> & Carlos Ruggiero<sup>5</sup>.

#### RESUMO

A banana é uma das frutas tropicais mais consumidas no mundo, respondendo por, aproximadamente, 10% do comércio mundial de frutas. O objetivo do presente trabalho foi avaliar a produção de primeiro ciclo de três cultivares de bananeira sob três sistemas de plantio, nas condições edafoclimáticas do Norte de Minas Gerais, Brasil. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, em esquema fatorial 3 x 3, utilizando-se três cultivares (Prata Anã, Thap Maeo e Caipira) e três sistemas de plantio (1-Plantio intercalado com as três cultivares, 2-'Prata Anã' plantada com uma fileira de bordadura de 'Caipira' ou de 'Thap Maeo', 3- 'Prata Anã' plantada com duas fileiras de bordadura de 'Caipira' ou de 'Thap Maeo'), com quatro repetições e seis plantas úteis por parcela. As características avaliadas foram submetidas à análise de variância com desdobramentos das interações significativas, tendo os efeitos dos tratamentos comparados pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade. Os sistemas de plantio utilizados, ou seja, interplântio e bordaduras, não influenciaram a maioria das características produtivas em cada uma das três cultivares estudada. O ciclo do plantio a colheita não foi influenciado pelo sistema de plantio ou pelas cultivares, com média de 431 dias. As cultivares Thap Maeo e Prata Anã foram significativamente superiores a Caipira para as características produtividade, peso do cacho e número de pencas por cacho.

**Palavras Chave:** *Musa* spp., interplântio, bordadura, produtividade.

#### SUMMARY

The worldwide market, banana crop is responsible for around 10% of fruits. The goal of the present work was to evaluate the first cycle production of 'Prata Anã', 'Thap Maeo' and 'Caipira' bananas on three planting systems in the North of the State of Minas Gerais, Brazil. The experimental design was completely in blocks at random, in factorial scheme 3 x 3, with three cultivars and three planting systems (1- Mixtures of cultivars; 2-'Prata Anã' planted with one row of 'Caipira' or 'Thap Maeo' in the border; 3- 'Prata Anã' planted with two rows of 'Caipira' or 'Thap Maeo' in the border), with four replications and six plants per plot. The characteristics evaluated were submitted to variance analysis. The most of characteristics evaluated were not influenced by cultivars mixtures and by used of resistance cultivar in border for the each one of the three cultivars studied. The same behavior was observed for cycle of the banana crop. The harvest was 431 days from planting. The 'Thap Maeo' and 'Prata Anã' were significantly superior to 'Caipira' for the characteristics yield, weight of bunch and number of hand per bunch.

**Keywords:** *Musa* spp., intercropping, productivity

#### INTRODUÇÃO

Conforme informações da FAO, das 579 milhões de toneladas de frutas produzidas no ano de 2002, a banana representou 97,3 milhões (16,8%), destacando-se como a principal fruta no contexto mundial, seguido pela laranja, uva, maçã e manga. De acordo com o IBGE, depois da laranja, a maior

<sup>1</sup> Professores da UNIMONTES - Universidade Estadual de Montes Claros, Cx. Postal 91, CEP 39440-000 Janaúba, MG. [marlon.pereira@unimontes.br](mailto:marlon.pereira@unimontes.br); [silvia.nietzsche@unimontes.br](mailto:silvia.nietzsche@unimontes.br) (Apoio: Finep, Fapemig, CNPq e CAMPO Biotecnologia).

<sup>2</sup> Estudante de Mestrado UNESP, Jaboticabal, SP.

<sup>3</sup> Estudantes do Curso de Agronomia da UNIMONTES, Janaúba, MG.

<sup>4</sup> Pesquisador da Embrapa Mandioca e Fruticultura. Cruz da Almas, BA. [ssilva@cnpmf.embrapa.br](mailto:ssilva@cnpmf.embrapa.br)

<sup>5</sup> Professor da FCAV/UNESP, Jaboticabal, SP.



produção brasileira em 2003 foi a de banana, com 6,4 milhões de toneladas em 514.647 há. Esta produção representa 6,6% do total de banana produzido, colocando o Brasil em segundo lugar no ranking mundial, perdendo apenas para a Índia, com 16 milhões de toneladas. No entanto, o Brasil é o maior consumidor mundial de banana, com 29 kg per capita/ano, enquanto o consumo per capita da Índia é de 12 kg/ano. Isto justifica o grande mercado interno da banana, onde apenas 4% é exportado, sendo 85% destes para a Argentina (Beling et al., 2004).

O Norte de Minas Gerais destaca-se como uma das principais regiões produtoras de banana no Brasil, adotando alta tecnologia de produção e obtendo altas produtividades, em função principalmente das excelentes condições edafoclimáticas, com alta temperatura e baixa umidade relativa, associada à prática da irrigação. O cultivo da banana nesta região tornou-se a principal atividade econômica e social desde o início da década de 90, uma vez que a sua produção se dá durante o ano todo, o que contribui para fixar o homem na região e no campo. Atualmente, com cerca de 10.000 ha em produção, a cadeia produtiva da bananicultura no Norte de Minas Gerais é responsável por mais de 30.000 empregos diretos. Estimando-se uma produtividade média de 20 toneladas/hectare, no Norte de MG produz-se cerca de 200 mil toneladas/ano, ou seja, 3.900 t/semana, ou ainda, 50 caminhões carregados com banana por dia. Esse volume de produção gera cerca de R\$50 milhões/ano, considerando-se R\$0,25/quilo da banana (Casassanta, 2001). Atualmente no Norte de Minas Gerais, a cultura da bananeira representa, dentre as plantas frutíferas, cerca de 70% da área plantada.

A 'Prata Anã' é a principal banana plantada no norte de Minas Gerais, com mais de 90% dos 10.000 ha somente com esta cultivar. Desta forma, a economia da região está baseada numa cultivar suscetível a vários problemas fitossanitários, o que a torna vulnerável. Recentemente, com a aproximação da doença Sigatoka-Negra, toda a população envolvida com a cadeia produtiva da banana tem sentido os impactos da possível chegada desta séria enfermidade. A Sigatoka-Negra é uma doença fúngica, disseminada principalmente pelo vento, e que provoca rapidamente o secamento das folhas e consequente redução drástica da produtividade, podendo chegar a 100% de perda, caso não seja controlada (ITAL, 1990; Alves et al., 1999). Esta doença já foi confirmada pelo Instituto Mineiro de Agropecuária em duas regiões do estado de Minas Gerais, sendo elas Sul e Zona da Mata. Na região Sudeste, a doença também já se encontra nos estados de São Paulo e Paraná, onde já tem promovido sérios problemas econômicos e sociais. Uma das alternativas mais economicamente viável, socialmente justa e ecologicamente correta é o uso de variedades resistentes às doenças. Neste sentido as cultivares Caipira, Thap Maeo e Pacovan Ken, lançadas pela Embrapa, têm-se mostrado bastante promissoras, apresentando também resistência à outras doenças relevantes como a Sigatoka-Amarela e Mal-do-Panamá. A adoção destas cultivares torna-se essencial, principalmente para os pequenos produtores, os quais nem sempre apresentam condições financeiras e logísticas para realizar o controle químico das pragas.

Além do uso das cultivares resistentes, a prática de interplântio de cultivares de bananeira resistentes a Sigatoka Negra juntamente com as cultivares comerciais, bem como o uso de bordaduras com as cultivares resistentes a Sigatoka Negra podem ser excelentes opções para maior garantia de retorno financeiro para os produtores de banana. Como as sigatokas são disseminadas pelo ar, o uso destas cultivares resistentes podem servir de barreira física com relação a dispersão dos esporos do fungo, além de poder reduzir a quantidade dos esporos na área, já que os esporos não irão se multiplicar em folhas de cultivares resistentes. A adoção de medidas desta natureza poderá significar redução no custo do controle da Sigatoka, menor risco de seleção de formas resistentes aos produtos e preservação ambiental, em função da menor quantidade de fungicidas depositados no ambiente. Para a região Norte de Minas Gerais não foram encontrados resultados de pesquisa a respeito do uso de culturas intercalares com o cultivo da bananeira, nem mesmo com as variedades resistentes à sigatoka-negra, o que justifica o aprofundamento de estudos científicos, econômicos, ambientais e sociais sobre o assunto, especialmente em se tratando de possíveis benefícios aos pequenos produtores rurais.

O objetivo do presente trabalho foi avaliar a produção de primeiro ciclo das cultivares Prata Anã, Caipira e Thap Maeo sob três sistemas de plantio, nas condições edafoclimáticas do Norte de Minas Gerais.

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi implantado e conduzido na Fazenda Experimental do projeto "Crer-Ser", em parceria com a Universidade Estadual de Montes Claros – UNIMONTES, no município de Janaúba, MG. A área foi preparada montando-se o sistema de irrigação por microaspersão, sendo realizado o plantio

das mudas advindas de cultivo in vitro no dia 03 de maio de 2004. Foi utilizado o espaçamento de 3,0m x 2,0m em sistema de retângulo, conduzindo-se mãe, filha e neta por touceira.

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, em esquema fatorial 3 x 3, utilizando-se três cultivares (Prata Anã, Thap Maeo e Caipira) e três sistemas de plantio (1-Plantio intercalado com as três cultivares, 2-Prata Anã plantada com uma fileira de bordadura de Caipira ou de Thap Maeo, 3-Prata Anã plantada com duas fileiras de bordadura de Caipira ou de Thap Maeo), com quatro repetições e seis plantas úteis por parcela (Figuras 1 e 2).

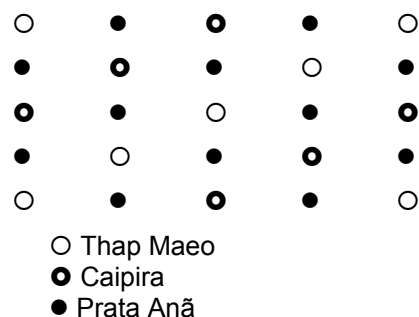


Figura 1 – Esquema do sistema de plantio 1, com plantio intercalado com as três cultivares.

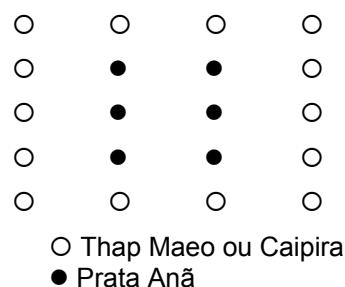


Figura 2 – Esquema do sistema de plantio 2, com plantio de Prata Anã no centro e uma fileira de bordadura.

Após a colheita, a qual foi realizada quando a coloração da casca passou de um verde-escuro intenso a um verde mais claro e também em função do enchimento dos frutos com redução das quinas, foram avaliadas as características número de folhas vivas na colheita, número de dias do plantio à colheita, número de pencas por cacho, número de frutos por cacho, peso do cacho e produtividade. As características avaliadas foram submetidas à análise de variância com desdobramentos das interações significativas, tendo os efeitos dos tratamentos comparados pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade. As análises estatísticas foram efetuadas com o auxílio do Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas da Universidade Estadual de Viçosa (SAEG-UFV).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a análise de variância, observou-se que não houve interações significativas entre as cultivares e os sistemas de plantio, a 5% de probabilidade, pelo teste F, com relação a maioria das características avaliadas. Houve interação significativa apenas da característica número de folhas vivas na colheita, a qual foi desdobrada (Tabela 1). Em cada sistema de plantio, as cultivares Prata Anã e Thap Maeo apresentaram, em média, 10 folhas vivas no momento da colheita, valor superior a cultivar Caipira, que obteve 7 folhas vivas. Este fato provavelmente está condicionado ao menor vigor da 'Caipira', refletido também no menor peso do cacho e produtividade em relação às demais cultivares (Tabelas 1 e 2). Quanto maior o número de folhas vivas ou funcionais durante o ciclo produtivo, maior potencial de produção terá a planta, já que estas folhas são responsáveis pela realização da fotossíntese e das conseqüentes produção e translocação dos fotoassimilatos destinados aos frutos (Pereira, 1997). Estudos realizados por Pereira et al. (2000) com a cultivar Prata anã em Jaíba, norte de Minas Gerais, apresentaram 8,7 folhas vivas na época da colheita, enquanto em Visconde do Rio Branco, região da Zona da Mata Mineira, apresentaram 7 folhas vivas (Pereira et al., 1999). Os sistemas de plantio utilizados, ou seja, interplântio e bordaduras, não influenciaram significativamente esta característica em cada uma das três cultivares estudada.

Os sistemas de plantio testados, com o objetivo principal de minimizar os efeitos da Sigatoka (no caso do presente experimento a sigatoka-amarela, já que a sigatoka-negra ainda não foi encontrada no Norte de Minas Gerais), não influenciaram significativamente nas características avaliadas, com exceção ao número de frutos por cacho para a cultivar Thap Maeo. Neste caso o sistema de plantio de Prata Anã plantada com duas fileiras de bordadura de Thap Maeo proporcionou maior quantidade de frutos por cacho para esta cultivar em relação ao sistema de interplântio com as três cultivares (Tabela 2). O peso do cacho e a produtividade das cultivares, características de maior relevância comercial e econômica para o produtor, não foram influenciadas significativamente pelos diferentes sistemas de plantio neste primeiro ciclo de produção, embora tenha havido tendência de menores valores para as cultivares Prata Anã e Thap Maeo no sistema de interplântio com as três cultivares (Tabelas 1 e 2). Talvez o uso da cultivar Thap Maeo como bordadura, ao redor da cultivar Prata Anã, em uma ou duas fileiras seja interessante principalmente para o pequeno produtor, já que a cultivar Thap Maeo tem apresentado boa aceitação pelos compradores e consumidores. Já a cultivar Caipira tem demonstrado maior dificuldade na sua aceitação. Havia uma expectativa de dificuldade e mistura das variedades no momento da colheita no sistema de interplântio, entretanto, como as características destas três cultivares testadas são bem distintas não houve qualquer problema.

Tabela 1 - Produtividade, número de folhas vivas na colheita e número de dias do plantio a colheita das bananeiras 'Prata Anã' (PA), 'Caipira' (CA) e 'Thap Maeo' (TM), sob três sistemas de plantio, em Janaúba, MG, 2006.

| Sistemas de Plantio* | Variedades de banana  |        |         |                                |        |         |                                |        |        |
|----------------------|-----------------------|--------|---------|--------------------------------|--------|---------|--------------------------------|--------|--------|
|                      | PA                    | CA     | TM      | PA                             | CA     | TM      | PA                             | CA     | TM     |
|                      | Produtividade (kg/ha) |        |         | Nº de folhas vivas na colheita |        |         | Nº de dias do plantio-colheita |        |        |
| 1                    | 11,5 Aa               | 7,1 Ab | 15,3 Aa | 9,5 Aa                         | 6,0 Ab | 11,7 Aa | 437 Aa                         | 451 Aa | 428 Aa |
| 2                    | 15,4 Aa               | 6,1 Ab | 19,4 Aa | 10,5 Aa                        | 6,5 Ab | 9,1 Aa  | 424 Aa                         | 431 Aa | 430 Aa |
| 3                    | 14,2 Aa               | 7,1 Ab | 20,1 Aa | 10,6 Aa                        | 8,8 Ab | 11,1 Aa | 422 Aa                         | 434 Aa | 421 Aa |
| Médias               | 13.7 a                | 6.8 b  | 18.3 a  | 10.2 a                         | 7.1 b  | 10.6 a  | 428 a                          | 439 a  | 426 a  |

Médias seguidas da mesma letra maiúscula nas colunas e minúscula nas linhas, dentro da mesma característica não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

\* Sistemas de plantio: 1- Interplântio; 2- Bordadura com uma fileira e 3- Bordadura com duas fileiras

Tabela 2 - Peso do cacho, número de pencas por cacho e número de frutos por cacho das bananeiras 'Prata Anã' (PA), 'Caipira' (CA) e 'Thap Maeo' (TM), sob três sistemas de plantio, em Janaúba, MG, 2006.

| Sistemas<br>de Plantio* | Variedades de banana |        |         |                        |        |         |                        |        |         |
|-------------------------|----------------------|--------|---------|------------------------|--------|---------|------------------------|--------|---------|
|                         | PA                   | CA     | TM      | PA                     | CA     | TM      | PA                     | CA     | TM      |
|                         | Peso do cacho (kg)   |        |         | N° de pencas por cacho |        |         | N° de frutos por cacho |        |         |
|                         |                      |        |         |                        |        |         |                        |        |         |
| 1                       | 6,9 Aa               | 4,3 Ab | 8,4 Aa  | 7,6 Ab                 | 5,7 Ac | 9,7 Aa  | 114 Aa                 | 100 Aa | 143 Ba  |
| 2                       | 9,2 Aa               | 3,6 Ab | 11,6 Aa | 8,8 Ab                 | 5,8 Ac | 10,6 Aa | 133 Aab                | 100 Ab | 178 ABa |
| 3                       | 8,5 Aa               | 4,3 Ab | 12,4 Aa | 8,8 Ab                 | 7,0 Ac | 10,9 Aa | 128 Ab                 | 116 Ab | 201 Aa  |
| Médias                  | 8,2 a                | 4,1 b  | 10,8 a  | 8,4 b                  | 6,2 c  | 10,4 a  | 125 b                  | 105 b  | 174 a   |

Médias seguidas da mesma letra maiúscula nas colunas e minúscula nas linhas, dentro da mesma característica não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

\* Sistemas de plantio: 1- Interplântio; 2- Bordadura com uma fileira e 3- Bordadura com duas fileiras

Foram observadas diferenças significativas entre as três cultivares para quase todas as características neste primeiro ciclo de produção, nas condições irrigadas do Norte de Minas Gerais (Tabelas 1 e 2). Apenas o ciclo do plantio a colheita não foi diferente entre as três cultivares, com média geral de 431 dias, ou seja, um ano e dois meses. O ciclo produtivo tende a se alterar em função de cada cultivar, da condição edafoclimática de cada região, do tipo de solo do local, dentre outros fatores. Estudos realizados por Pereira et al. (2000), com a cultivar Prata Anã em Jaíba, região norte de Minas Gerais, demonstraram que o ciclo do plantio a colheita foi de 411 dias, valor próximo ao encontrado no presente trabalho. Entretanto, Lichtemberg et al. (1988), em Siderópolis, SC e Pereira et al. (1999), em Visconde do Rio Branco, Zona da Mata Mineira, também estudando a cultivar Prata Anã, obtiveram ciclo do plantio a colheita de 662 e 520 dias, respectivamente. Isto pode ser explicado pela disponibilidade de água fornecida por meio da irrigação no Norte de Minas Gerais, além da temperatura elevada nesta região, propiciando redução dos ciclos de produção (Pereira, 1997). Quanto menor for o ciclo, mais interessante será para o agricultor, já que poderá obter o

retorno mais rápido do capital investido. O conhecimento do ciclo produtivo de cada cultivar em determinada região torna-se importante, pois o bananicultor poderá concentrar a sua produção em épocas de melhores preços.

As cultivares Thap Maeo e Prata Anã foram significativamente superiores a Caipira para as características de produtividade, peso do cacho e número de pencas por cacho. Isto demonstra o maior potencial da cultivar Thap Maeo em relação a Caipira, ambas cultivares resistentes a sigatoka negra, sigatoka amarela e mal do Panamá, no caso de realizar qualquer sistema de plantio juntamente com a Prata Anã. Além disso, conforme mencionado anteriormente, o mercado tem demonstrado maior aceitabilidade da cultivar Thap Maeo em relação a Caipira.

## CONCLUSÕES

1. Os sistemas de plantio utilizados, ou seja, interplântio e bordaduras, não influenciaram a maioria das características produtivas em cada uma das três cultivares estudada.
2. O ciclo do plantio a colheita não foi influenciado pelo sistema de plantio ou pelas cultivares, com média de 431 dias.
3. As cultivares Thap Maeo e Prata Anã foram significativamente superiores a Caipira para as características produtividade, peso do cacho e número de pencas por cacho.

## BIBLIOGRAFIA

1. ALVES, E. J. A cultura da banana: aspectos técnicos, socioeconômicos e agroindustriais. 2 ed. Brasília: Embrapa-SPI/ Cruz das Almas: Embrapa-CNPMP, 1999. 585 p.
2. BELING, R. R. et al. Anuário Brasileiro da Fruticultura. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz, 2004. 136 p.
3. CASASSANTA, N. M. A bananicultura do Norte de Minas e seus impactos na economia regional. In: SIMPÓSIO NORTE MINEIRO SOBRE A CULTURA DA BANANA, 1, 2001, Nova Porteirinha, MG. Anais... Montes Claros: Editora UNIMONTES, 2001. p. 180-187.
4. INSTITUTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS (ITAL). Banana: cultura, matéria-prima, processamento e aspectos econômicos. 3 ed. Campinas, SP, 1990. 302 p. (Frutas Tropicais, 3)
5. LICHTENBERG, L.A.; MALBURG, J.L.; HINZ, R.H. Espacamento e desbaste para a banana 'Enxerto'. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 9, Campinas, 1987. Anais... Campinas, SBF, 1988. v.1, p.161-169.
6. PEREIRA, M.C.T. Crescimento e produção de primeiro ciclo da bananeira (*Musa spp.*) 'Prata Anã' (AAB) em sete espaçamentos, em Jaíba e Visconde do Rio Branco-MG. 1997. 56P. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – U.F.V., Viçosa, MG, 1997.
7. PEREIRA, M.C.T.; SALOMAO, L.C.C.; SILVA, S.O.; SEDIYAMA, C.S.; COUTO, F.A.D'A.; SILVA NETO, S.P. Crescimento e produção de primeiro ciclo da bananeira (*Musa spp.*) 'Prata Anã' (AAB) em sete espaçamentos, em Jaíba, MG. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 35, p. 1377-1387, 2000.
8. PEREIRA, M.C.T.; SALOMAO, L.C.C.; SILVA, S.O.; SEDIYAMA, C.S.; SILVA NETO, S.P.; COUTO, F.A.D'A.; Crescimento e produção de primeiro ciclo da bananeira (*Musa spp.*) 'Prata Anã' (AAB) em sete espaçamentos, em Visconde do Rio Branco, MG. Revista Ceres, Viçosa, v. 46, n.263, p. 53-66, 1999.

## ASSESSMENT OF MICROBIAL LEVELS AND DIVERSITY AT PAIRED BANANA SITES

### AVALIAÇÃO DA QUANTIDADE E DA DIVERSIDADE MICROBIANA EM SÍTIOS DE BANANICULTURA PAREADOS

L.M. Gulino<sup>1</sup> & A.B. Pattison<sup>2</sup>

#### SUMMARY

Soil biological indicators are useful tools for assessing soil health. Using 'paired' sites in the major banana production areas comparing vegetation systems and management techniques (banana, organic banana and forest), in Queensland, Australia, we were able to test previously developed indicators and assess their suitability as soil health indicators.

**Keywords:** Soil health, BIOLOG, FDA, microbial levels

#### RESUMEN

Suelo biológico indicadores son útil herramientas para evaluando salud de suelo. Usando "parejo" sitios en el mejor banano producción zonas, comprado vegetación sistemas y manejo técnicas (banano, banano orgánica y bosque) en Queensland, Australia estamos hábil a prueba anteriormente desarrollando indicadores y evalúan apropiado como indicadores de salud de suelo.

#### INTRODUCTION

An average of 300 000 tonnes of bananas are produced in Australia annually ([www.abgc.org.au](http://www.abgc.org.au), 2006). Approximately 81% is produced in Northern Queensland. However, this is an environmentally sensitive area that has community and political pressure to ensure that banana growers use inputs efficiently and sustainably. To do this, the banana industry needs a set of soil health indicators with benchmarks to validate changes in management practices. Many physical and chemical indicators for soil health have been defined and are well used (e.g. pH, bulk density, infiltration rate). However, biological indicators (or bioindicators) have not been well defined and no standard set of bioindicators exist. Part of the Banana Root and Soil Health (BRASH) project is to test suitable bioindicators that can be used by the banana industry to validate changes in soil management. For this reason, soil samples were collected from 'paired' sites in North Queensland. These 'paired' sites ranged from sites being intensively managed (banana) to those less intensively managed.

Microbes play many important roles in the soil and are very sensitive to disturbances. Therefore, bioindicators at the microbial level are exceptional for monitoring changes/disturbances (both short-term and the long-term). The aim of this work was to assess microbial bioindicators for their suitability to distinguish between banana management systems at different growing sites in north Queensland.

#### MATERIALS AND METHODS

##### Soil samples

The sites were selected to compare soil properties under banana cultivation with less intensively managed vegetation systems and different banana management systems: organic and conventional banana production (Table 1). The sites represented the major regions and soil types used for banana production in northern Australia. Thirty replicate soil cores were taken from each plant system at each location, using a 50 mm diameter hand auger. Samples were collected from the top 10cm at a distance of 30 cm from the base of banana plants. Soil samples in the undeveloped systems were taken at random intervals no further than 100 m from the banana area. Samples were stored in cooled foam boxes until they were taken to the laboratory and processed immediately or stored at 4°C until they could be processed.

<sup>1</sup> Department of Primary Industries & Fisheries, Indooroopilly, 4068, Queensland Australia. Email: Lisa-Maree.Gulino@dpi.qld.gov.au

<sup>2</sup> Department of Primary Industries & Fisheries, South Johnstone, 4859, Queensland Australia.



Table 1: Location of paired sites comparing conventional banana production to less intensive systems.

| Site          | Location     |              | Plant systems  |
|---------------|--------------|--------------|----------------|
|               | Latitude(E)  | Longitude(S) |                |
| Mission Beach | 146° 5' 18"  | 17° 51' 32"  | Banana         |
|               |              |              | Organic banana |
|               |              |              | Forest         |
| Tully         | 145° 47' 26" | 17° 54' 51"  | Banana         |
|               |              |              | Forest         |
| Kennedy       | 145° 55' 2"  | 18° 12' 15"  | Banana         |
|               |              |              | Forest         |

### Assessing microbial levels

Microbial levels were assessed using soil dilution plating and fluorescein diacetate analysis (FDA). **Bacteria:** 100µl of 10<sup>-1</sup> to 10<sup>-5</sup> dilutions were plated onto Nutrient Agar. Colonies were counted one and two days after incubation at room temperature. **Actinomycetes:** 100µl of 10<sup>-1</sup> to 10<sup>-3</sup> dilutions were plated onto Actinomycete media (Difco). Colonies were counted after seven days incubation at room temperature. **Fungi:** Five 10 µl drops of each successive dilution (10<sup>-1</sup> to 10<sup>-4</sup>) were plated onto Rose Bengal plates divided into quarters (one dilution per quarter). Fungal colony forming units were counted after seven days. Colony forming units per gram of soil (cfu/g) were calculated for all microbial groups. **FDA:** 5g soil was incubated on an orbital shaker (25°C, 80rpm) with 20ml Potassium Phosphate Buffer (60mM) and 200µl fluorescein diacetate (2mg/µl). Reaction was stopped after 30 min with 20ml of cold acetone (4°C). Samples were centrifuged and supernatant was removed and absorbance measured at 570nm.

### Assessing microbial diversity (carbon substrate utilization – BIOLOG Ecoplates).

Microbial diversity of soil samples was examined using BIOLOG Ecoplates (www.biolog.com, 2005). Absorbance of each well was read at 24 hour intervals over the period of seven days. Average Well Colour Density (AWCD), Shannon's Diversity Index (H'), Substrate Richness (S) and Evenness (E) were calculated following the methods of Banu *et al.* (2004).

## RESULTS AND DISCUSSION

Preliminary analysis of results revealed that both microbial levels/activity and diversity were good indicators for examining differences between banana management systems (conventional and organic) and the forest management system (Table 2). Bacterial levels (1 day incubation) were able to distinguish differences between the forest system and the sites where bananas are grown (conventional and organic). Bacterial levels (2 days incubation) were also able to distinguish between the conventional banana system and the forest system. Actinomycete levels were able to resolve differences between the three management systems. Conversely, fungal levels and FDA levels did not differ between the management practices.

The functional diversity of substrate utilisation determined from the BIOLOG Ecoplates was significantly higher in forest soils relative to bananas (Table 2). This concurs with results of Pattison *et al.* (2004), who found greater nematode diversity in less intensively managed systems relative to bananas. Other BIOLOG Ecoplates measurements, substrate richness (S), evenness (E) and average well colour development (AWCD) were less discriminating between management systems (Table 2).

Table 2: Bioindicators in different plant systems

| Bioindicator                 | Plant system             |                           |                           |
|------------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|
|                              | Banana                   | Organic banana            | Forest                    |
| <b>Microbial</b>             |                          |                           |                           |
| Bacterial 1 day (cfu/g soil) | 1.71 x 10 <sup>6</sup> b | 2.49 x 10 <sup>6</sup> b  | 9.16 x 10 <sup>6</sup> a  |
| Bacteria 2 day (cfu/g soil)  | 5.28 x 10 <sup>6</sup> b | 9.53 x 10 <sup>6</sup> ab | 17.36 x 10 <sup>6</sup> a |
| Actinomycetes (cfu/g soil)   | 0.82 x 10 <sup>5</sup> c | 3.88 x 10 <sup>5</sup> b  | 17.76 x 10 <sup>5</sup> a |
| Fungi (cfu/g soil)           | 3089 a                   | 3489 a                    | 6053 a                    |
| FDA (g/ml)                   | 0.96 a                   | 0.99 a                    | 1.08 a                    |
| <b>Ecoplates (48hours)</b>   |                          |                           |                           |
| AWCD                         | 0.42 a                   | 0.48 a                    | 0.55 a                    |
| Diversity (H')               | 2.76 b                   | 2.77 b                    | 2.94 a                    |
| Substrate richness (S)       | 27.8 a                   | 21.0 ab                   | 28.7 a                    |
| Evenness (E)                 | 1.19 c                   | 2.11 a                    | 2.02 b                    |

Means in the same row with the same subscript are not significantly different at the 5% level.

## CONCLUSION

The validity of bioindicators to differentiate between banana management systems was demonstrated using a paired site survey. Actinomycete and bacterial levels along with Ecoplate diversity are bioindicators that can successfully discriminate between the intensity of management systems in Australian bananas. Each indicator must, however, be chosen appropriately to reflect the nature of changes to be examined. In this system we found that FDA, fungal levels and AWCD are not suitable bioindicators for examining management differences.

## ACKNOWLEDGEMENTS

The work presented was conducted as part of the Banana Root and Soil Health (BRASH) project, funded by Horticulture Australia Limited (HAL).

## BIBLIOGRAPHY

1. <http://www.abgc.org.au/pages/industry/bananaIndustry.asp> (2006) *Australian Banana Growers Website: Industry Statistics*.
2. <http://www.biolog.com> (2005) *BIOLOG Ecoplate: Microbial Community Analysis –Technical/Product Information Sheet*.
3. Banu *et al.* (2004). Soil Microbial biomass and microbial biodiversity in some soils from New South Wales, Australia. *Australian Journal of Soil Research* 42:777-782
4. Pattison, T., *et al.* (2004) Using nematode as bioindicators for soil health in bananas. in *Proceedings of the International Soil Science Conference. 2004*. Sydney, Australia: Australian Soil Science Society Inc. [www.regional.org.au/au/soil](http://www.regional.org.au/au/soil).

## AVALIAÇÃO DE GENÓTIPOS DE BANANEIRA EM SISTEMA ORGÂNICO DE PRODUÇÃO

### EVALUATION OF BANANA CULTIVARS IN ORGANIC PRODUCTION SYSTEM

Humberto de Carvalho Marcílio<sup>1</sup>; André Luis de Andrade<sup>2</sup>; Gustavo Alves Pereira<sup>3</sup>; Joadil Gonçalves de Abreu<sup>4</sup> & Ciro Cercino dos Santos<sup>5</sup>

#### RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo estudar o comportamento de cinco genótipos de bananeira em sistema de produção orgânico no Centro de Pesquisa e Difusão de Tecnologia da EMPAER, município de Cáceres-MT. As mudas micropropagadas foram estabelecidas, no espaçamento em fileiras duplas de 3,0x2,5x2,0, sob irrigação, no delineamento em blocos ao acaso com 5 tratamentos (Grande Naine; IAC 2001; Thap Maeo; Garantida e Tropical) e 5 repetições, sendo cada parcela constituída por quatro plantas úteis. Durante o primeiro ciclo de produção, foram avaliados a altura de planta (AP), diâmetro de pseudocaule (DP), números de folhas vivas no florescimento (NF), dias do plantio até a floração (DF), dias até a colheita (DC), peso do cacho (PC), peso das pencas (PP), número de frutos por cacho (NF), número de pencas (NP) e peso dos frutos (PF). Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste Scott – Knott a 5% de probabilidade. Os resultados obtidos permitiram concluir que a produção de banana orgânica demonstrou-se viável mesmo em região de ocorrência de Sigatoka-negra.

Palavras Chaves: Banana, *Musa sp.*, Sigatoka negra

#### SUMMARY

The objective of this study was to evaluate the behavior of five banana genotypes in organic system of production in the Center of Research and Diffusion of Technology of the EMPAER-MT Cáceres-MT. The micropropagated plantlets had established in the double spacing of 3,0 X 2,5 X 2,0m irrigation. The experiment was conducted in random blocks with 5 treatments and 5 repetitions and 4 plants per plot. In the first cycle of production the following characteristics were evaluated: Plant height, pseudostem diameter, number of live leaves during flowering, number of days from planting to flowering and until harvest, bunch and hand weight, number of fruits and weight of fruit. The obtained data were submitted to variance analyses and the averages compared for the test Scott-Knott 5% of probability. The result showed that organic production system was viable in this condition.

Keywords: Banana, *Musa sp.*, black sigatoka

#### INTRODUÇÃO

O Estado de Mato Grosso apresenta condições edafoclimáticas bastante satisfatórias para o desenvolvimento de uma bananicultura competitiva. Apesar das boas condições para o cultivo, o aparecimento da doença Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet), no ano de 1999, em Cáceres-MT, com sua posterior disseminação para mais 18 municípios (Souza; Feguri, 2004), fez com que ocorresse a proibição da comercialização de bananas das áreas infestadas para as demais regiões consideradas livres, acarretando o abandono dos cultivos. Associado a isto, doenças como mal-do-Panamá (*Fusarium oxysporum f. sp cubense* (E.F. Smith) Snyder & Hansen) e Sigatoka amarela (*Micosphaerella musicola* Leach), fizeram com que a área colhida no Estado fosse reduzida de 56.247 ha em 1997 para 8.485 ha em 2005 (AGRIANUAL, 2006).

A maioria das áreas cultivadas com banana no Estado é explorada por pequenos produtores, com cultivares suscetíveis às doenças e sem adoção de tecnologias, tornando difícil ou inviável o controle químico. Desta forma a Sigatoka negra causou grande impacto social e econômico nesta região.

<sup>1</sup>Empresa Matogrossense de Pesquisa, Assistência e Extensão Rural (EMPAER-MT)- Pesquisador E-mail: betohcm@hotmail.com

<sup>2</sup>Centro de Ensino Superior de Rondonópolis-MT (CESUR/FACSUL) E-mail: andreandrade@cesur.br

<sup>3</sup>Empresa Matogrossense de Pesquisa, Assistência e Extensão Rural (EMPAER-MT)- Pesquisador E-mail: gustavoempaer@yahoo.com.br

<sup>4</sup>Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária (FAMEV/UFMT) Email: joadil@terra.com.br

<sup>5</sup>Empresa Matogrossense de Pesquisa, Assistência e Extensão Rural (EMPAER-MT). (Apoio: Fundação de Amparo a Pesquisa no Estado de Mato Grosso- FAPEMAT)

O estudo de sistemas de cultivo que englobam o uso conjunto de técnicas como cultivares resistentes ou adaptados, manejo adequado do solo e água, associado a práticas fitotécnicas, formam os chamados sistemas de produção (Gliessman, 2001). O sistema de produção orgânico tem como tecnologias disponíveis em bananicultura, o uso de cultivares tolerantes, manejo diferenciado de plantas daninhas, uso de biofertilizantes, métodos de controle biológico, bem como controle de pragas e doenças através do balanço nutricional das plantas.

Segundo (Gasparotto et al. 2003), o uso de cultivares resistentes é a estratégia ideal do ponto de vista econômico e de preservação do meio ambiente. O novo modelo da agricultura, com o uso intensivo de agroquímicos, teve como falha principal desligar o econômico do social e, principalmente, do ambiental, contrariando fortemente os princípios do desenvolvimento sustentável. (Borges;Souza, 2003). Ainda segundo estes autores, vários trabalhos têm sido conduzidos em outros países, enfocando aspectos de produção sustentável e ambientalmente equilibrada com a cultura da banana. No Brasil, embora alguns poucos produtores de banana já utilizem tal sistema de produção, há necessidade de se avaliar em conjunto, novas alternativas tecnológicas que conduzem a mínima degradação ambiental e a obtenção de produtos mais saudáveis. Neste sentido, o desenvolvimento e experimentação de sistemas de produção orgânicos de banana, principalmente em locais de ocorrência de Sigatoka negra, busca gerar alternativas para melhor conviver com a doença, diminuir o impacto ao meio ambiente, bem como disponibilizar tecnologias de produção que condizem com a realidade do pequeno produtor. Sendo assim, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o comportamento de cinco genótipos de banana (*Musa sp.*), em sistema orgânico de cultivo, em região de ocorrência de Sigatoka negra.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no período de junho de 2003 a fevereiro de 2006, no Centro de Pesquisa e Difusão de Tecnologia da EMPAER – MT, localizado no Município de Cáceres–MT, a 16°43'42" de latitude sul e 57°40'51" de longitude oeste, região de ocorrência de Sigatoka negra. O solo foi classificado como Argissolo Vermelho Amarelo Eutrófico Típico.

Foram avaliados os genótipos Grande Naine, Nanicao IAC 2001, Thap Maeo, Prata Garantida e Tropical, durante o primeiro ciclo de produção. Utilizou-se mudas micropropagadas, no espaçamento em fileiras duplas de 3,0x 2,5x 2,0 m, sob irrigação.

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com 5 tratamentos e 5 repetições, sendo cada parcela constituída por quatro plantas úteis. O controle de plantas daninhas foi realizado através de capina manual e uso de cobertura morta com palhada de feijão. No plantio as plantas receberam 10 litros de esterco bovino na cova e 300g de fosfato natural. Trinta dias após o plantio adubou-se com 5 litros de casca de mamona mais aplicação foliar de biofertilizante a 2%. As aplicações de biofertilizante foram realizadas a cada 30 dias, até o sexto mês após plantio. A partir do terceiro mês após plantio, foram aplicados 60g de sulfato de potássio por planta a cada 120 dias. Não foi realizado controle de doenças, com objetivo de verificar os genótipos mais resistentes, neste sistema de cultivo. Foram avaliados nos estádios de florescimento e colheita do cacho de cada planta útil a altura de planta (AP), diâmetro de pseudocaule (DP), números de folhas vivas no florescimento (NF), dias do plantio até a floração (DF), dias até a colheita (DC), peso do cacho (PC), peso das pencas (PP), número de frutos por cacho (NF), número de pencas (NP) e peso dos frutos (PF). Os dados foram submetidos a análise de variância e as médias comparadas pelo teste Scott – Knott a 5% de probabilidade.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme demonstrado na Tabela 1, a maior média de altura de planta foi observada nos genótipos Tropical e Garantida, e a menor média nos genótipos IAC 2001 e Grande Naine. A altura da planta é um descritor importante do ponto de vista fitotécnico e de melhoramento, pois influi nos aspectos de densidade de plantio e manejo da cultura, interferindo na produção (Belalcázar Carvajal, 1991).

O diâmetro do pseudocaule apresentou variação de 18,53 cm (Thap Maeo) a 25,56 cm (Tropical), aproximando do valor de 25,59 cm, obtido por (Silva et al., 2003). O genótipo Tropical que apresentou maior média de altura foi também o que apresentou maior diâmetro do pseudocaule, conferindo maior vigor, resistência ao vento e capacidade de sustentação do cacho.

Para o caráter número de folhas vivas no florescimento, as maiores médias foram observadas nos genótipos IAC 2001, Garantida, Tropical e Thap Maeo, diferindo estatisticamente do Grande Naine, comprovando a estes genótipos sua tolerância à Sigatoka negra nas condições edafoclimáticas estudadas. Vale ressaltar que os genótipos IAC 2001 e Tropical comportam-se como altamente

suscetíveis no Estado do Amazonas. Este caráter é importante na avaliação de cultivares, pois poderá influenciar no desenvolvimento do cacho, o qual dependerá diretamente da taxa de fotossíntese da planta (Alves, 1997).

Tabela 1- Médias dos dados de altura de planta (AP em cm), diâmetro do pseudocaule (DP), número de folhas vivas (NF), dias do plantio até a floração (DF) e dias até a colheita (DC) em diferentes cultivares de banana.

| Genótipos    | Características avaliadas |            |         |          |          |
|--------------|---------------------------|------------|---------|----------|----------|
|              | AP<br>(cm)                | DP<br>(cm) | NF      | DF       | DC       |
| Grande Naine | 255,16 c                  | 19,29 b    | 10,11 b | 258,52 c | 370,89 b |
| IAC 2001     | 247,98 c                  | 20,19 b    | 14,57 a | 259,41 c | 372,32 b |
| Tropical     | 328,65 a                  | 25,56 a    | 13,88 a | 291,87 a | 409,65 a |
| Garantida    | 323,31 a                  | 19,09 b    | 13,97 a | 239,41 d | 365,77 b |
| Thap Maeo    | 295,60 b                  | 18,53 b    | 13,21 a | 271,60 b | 376,92 b |

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Scott-Knott ( $P < 0,05$ ).

O genótipo Prata Garantida apresentou a maior precocidade para florescimento e colheita, e o mais tardio foi o Tropical, sendo estes resultados similares ao valor observado de 409,19 dias do plantio à colheita, observado por (Silva et al., 2003). O ciclo é um caráter de relevância, já que reflete a precocidade da planta e consequentemente a produtividade anual do cultivo. A redução do número de dias necessária à emissão do cacho é desejada, pois representa a antecipação do retorno do investimento aplicado na lavoura (Pereira, 1997).

Na tabela 2, observa-se que o genótipo IAC 2001 apresentou a maior média para peso de cacho, peso de penca e peso do fruto, diferindo estatisticamente dos demais. Este resultado talvez indique a viabilidade de utilização deste cultivar, em sistemas alternativos de produção de bananas do sub-grupo Cavendish, mesmo em locais de ocorrência de Sigatoka negra. O número de pencas e número de frutos, no genótipo Thap Maeo apresentou as maiores médias 10,37 e 165,45 respectivamente, diferindo estatisticamente dos demais, sendo esta superioridade verificada também por (Leite et al, 2003). Estes resultados condizem com os obtidos por (Valfrido et al. 2004), que testando vários genótipos em sistema orgânico de cultivo, entre eles Grande Naine, IAC 2001 e Tropical, concluíram que é possível produzir bananas de qualidade com o uso de insumos regionais e alternativos.

Tabela 2- Médias dos dados de peso do cacho (PC), peso das pencas (PP), número de pencas (NP), número de frutos (NFR) e peso do fruto (PF) em diferentes cultivares de banana.

| Genótipos    | Características avaliadas |            |         |          |           |
|--------------|---------------------------|------------|---------|----------|-----------|
|              | PC<br>(kg)                | PP<br>(kg) | NP      | NFR      | PF<br>(g) |
| Grande Naine | 16,07 b                   | 14,16 b    | 9,03 b  | 138,88 b | 112,77 c  |
| IAC 2001     | 19,85 a                   | 17,81 a    | 8,84 b  | 117,90 c | 177,40 a  |
| Tropical     | 10,64 c                   | 9,10 c     | 5,68 c  | 86,35 d  | 108,33 c  |
| Garantida    | 12,95 c                   | 11,30 c    | 6,02 c  | 73,99 d  | 153,40 b  |
| Thap Maeo    | 14,75 c                   | 13,19 b    | 10,37 a | 165,45 a | 89,00 d   |

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Scott-Knott ( $P < 0,05$ ).

Todos os genótipos apresentaram desenvolvimento vegetativo e ciclo reprodutivo semelhantes a sistemas convencionais de cultivo, demonstrando que nas condições do experimento os genótipos se desenvolveram adequadamente.



## CONCLUSÕES

Nas condições em que foi conduzido o trabalho, os resultados obtidos permitiram concluir que:

1. Os genótipos IAC 2001 e Tropical demonstraram bons resultados para serem recomendados para plantio em sistema orgânico.
2. A produção de banana em sistema orgânico, demonstrou-se viável mesmo em região de ocorrência de Sigatoka-negra.

## BIBLIOGRAFIA

1. AGRIANUAL. 2006. Anuário Estatístico da Agricultura Brasileira. São Paulo: FNP Consultoria e Comércio, 504p.
2. ALVES, E. J.(org.).1997. A cultura da banana: aspectos técnicos socioeconômico e agroindustriais. Brasília: SPI/Cruz das Almas: Embrapa/CNPMPF, 585 p.
3. BELALCÁZAR CARVAJAL, S.L. 1991.El cultivo del plátano en el trópico. Cali: Impresora Feriva, 376p.
4. BORGES, A. L.; SOUZA, L. S. 2003.Manejo sustentável da bananicultura no terceiro milênio. In: V Simpósio Brasileiro sobre Bananicultura e Workshop do Genoma Musa. 2003, Paracatu-MG. Anais...Cruz das Almas-BA: Nova Civilização, p. 74-83.
5. GASPAROTTO, L.; PEREIRA, J. C. R.; PEREIRA, M. C. N. 2003.Sigatoka-negra:situação atual e avanços obtidos. In: V Simpósio Brasileiro sobre Bananicultura e Workshop do Genoma Musa. 2003, Paracatu-MG. Anais...Cruz das Almas-BA: Nova Civilização, p. 28-34.
6. GLIESMMAN, S.R. 2001.Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável. Porto Alegre: UFRGS, 653 p.
7. LEITE, J. B. V.; SILVA, S. O.; ALVES, E. J.; LINS, R. D.; JESUS, O. N. 2003.Caracteres da planta e do cacho de genótipos de bananeira, em quatro ciclos de produção em Belmonte – BA. Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal, v.25, n.3, p. 443-447.
8. PEREIRA, M. C. T. 1997.Crescimento e produção de primeiro ciclo da bananeira (Musa spp.) 'Prata Anã' (AAB) em sete espaçamentos, em Jaíba e Visconde do Rio Branco (MG), 56p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1997.
9. SILVA, O. S; MATOS, A. P; CORDEIRO, Z, J, M; LIMA, M, B. 2003.Nova cultivar de banana tipo 'Maçã' tolerante ao Mal do Panamá. EMBRAPA: CNPMPF, 4p (Circular Técnica, 68).
10. SOUZA, N.S; FEGURI, E. 2004.Ocorrência da Sigatoka Negra em bananeira causada por *Mycosphaerella fijiensis* no Estado de Mato Grosso. Fitopatologia Brasileira, vol. 29, n. 2, p. 225-226.
11. VALFRIDO,P.S.;LICHTENBERG,L.A.;MALBURG,J.L.;NEGREIROS, R. J. Z. 2004.Produção e Comércio de Banana Orgânica. Disponível em: [www.todafruta.com.br](http://www.todafruta.com.br). Acesso em: julho de 2006).

## BUNCH WEIGHT OF 21 BANANA GENOTYPES IN ORGANIC SYSTEM IN THE STATE OF SANTA CATARINA, BRAZIL

### PESO DE CACHO DE 21 GENÓTIPOS DE BANANEIRAS, SOB CULTIVO ORGÂNICO, EM SANTA CATARINA, BRASIL.

Márcio Sônego<sup>1</sup>; Luiz Augusto Martins Peruch<sup>2</sup>; Luiz Alberto Lichtemberg<sup>3</sup>; Derrick Jean Moot<sup>4</sup> & Cristiano Nunes Nesi<sup>5</sup>

#### RESUMO

Foram avaliados os pesos de cachos de primeira e segunda colheita de 21 cultivares e híbridos de bananeiras, em cultivo orgânico, em Urussanga, Santa Catarina, Brasil. Os cultivares 'Grande Naine' e 'Nanicão' apresentaram as médias de cachos mais pesados na primeira colheita, com 31,57 e 30,06 kg, respectivamente. Na segunda colheita, os híbridos 'SH-3640' e 'FHIA-01' apresentaram as médias de cachos mais pesados, com 32,53 e 29,87 kg, respectivamente. De maneira geral, os híbridos do subgrupo Prata aumentaram o peso de cacho da primeira para a segunda colheita, enquanto que as cultivares do subgrupo Cavendish diminuíram o peso de cacho na segunda colheita. Os cultivares do subgrupo Prata mostraram uma tendência em manter o peso de cachos na primeira e na segunda colheita.

**Keywords:** management, cultivars, bunch weight

**Palavras Chaves:** manejo, peso de cacho, cultivares

#### INTRODUCTION

Banana is the main fruit crop grown in the State of Santa Catarina, Brazil. The area covered with banana orchards increased from 25,932 hectares, in 1999, to 30,069 hectares in 2004, due to good prices in the market in the past years. The crop holds a great social importance. There are more than 25,000 banana growers in the State of Santa Catarina, and for around 5,000 of them, banana crop is the main income. Most of the banana orchards are smaller than 10 hectares, comprising around 98% of the plantations. The banana cultivars grown in Santa Catarina belong to two genomic subgroups: Cavendish ('Giant Cavendish' and 'Gran Nain'), and Pome ('Santa Catarina Dwarf' and 'Prata'). Banana is commercialized mainly as dessert fruit in the own State of Santa Catarina and in other States of Brazil, and only 15% is processed by the industries.

The predominance of small farms and the declivous terrain, in this State, are becoming limitation for farmers to be competitive in the market. Beside that, the small-scale banana growers worldwide are facing increasing difficulty to compete in a free market economy. However, following a world tendency, there is a growing market for organic products in Brazil, including bananas. This increasing demand for organic products shows to be an opportunity for those smallholder farmers to supply this niche of market. Furthermore, recent investigation carried on by Oltramari *et al.* (2002), revealed that growers have taken the decision to convert from conventional agriculture to organic system, mainly to protect the health of the farmer's family, and for economic and ecologic reasons. Banana growers are also facing a new threat, the black sigatoka disease, which will demand an increase on the volume of fungicide applied on the crops. This will increase not only the costs of production, but also the risk for their health and for the surrounding environment.

In this context, it is necessary to select genotypes of bananas affordable to the organic production in the southern region of the State of Santa Catarina. There the climate is subtropical with

<sup>1</sup>Researcher, EPAGRI / Estação Experimental de Urussanga, Rod. SC 446 km 19, Caixa Postal 49, Urussanga, SC, Brazil. Cep 88840-000, E-mail: sonego@epagri.rct-sc.br

<sup>2</sup> Researcher, EPAGRI / Estação Experimental de Urussanga, Rod. SC 446 km 19, Caixa Postal 49, Urussanga, SC, Brazil. Cep 88840-000, E-mail: lamperuch@epagri.rct-sc.br

<sup>3</sup>Researcher, EPAGRI / Estação Experimental de Itajai, Rod. Antônio Heil km 6, Caixa Postal 277, Itajai, SC, Brazil. Cep 88301-970, E-mail: licht@epagri.rct-sc.br

<sup>4</sup>Senior Lecturer, Lincoln University / Agriculture and Life Sciences Division, PO Box 84, Lincoln University, Canterbury, New Zealand, E-mail: moot@lincoln.ac.nz

<sup>5</sup>Researcher, EPAGRI / Cepaf, Ferdinando Tusset, s.n., Caixa Postal 791, Chapecó, SC, Brazil. Cep 89801-970, E-mail: cristiano@epagri.rct-sc.br

uniform rain around the year (1,600 mm/year), and monthly average temperatures ranging from 14.6°C in July to 24.1°C in February. Light frosts, strong wind gusts and drought periods are the main climate risks for the banana crop in this region.

The objective of the present research was to evaluate the bunch weight of 21 banana genotypes, in organic system, in the southern region of the State of Santa Catarina, Brazil.

## MATERIAL AND METHODS

A field experiment with 21 banana cultivars was established at the EPAGRI's Agricultural Research Station of Urussanga, in November 2001. The cultivars used, according to the Brazilian denomination, were: 'Pacovan', 'Prata', 'Branca', 'Thap Maeo', 'Ouro da Mata', 'Maçã Tropical', 'Ouro', 'Nam', 'Pioneira', 'FHIA-01', 'Fig Pomme Naine', 'Nanica', 'Nanicao Corupá', 'Grand Naine', 'Williams', 'Nanicao', 'Enxerto', 'Enxerto Catarina', 'SH-3640', 'Figo Cinza' e 'Figo' (Table 1). The soil was a deep and well-drained Argisol, formerly known as Podzol, very common in the areas occupied with banana crops in the region. The analytical result of the soil's surface horizon (0-20 cm), according to a sampling made two months before the planting date, was: clay = 53 %; pH in water = 6.0; P = 7.0 ppm; K = 130 ppm; organic matter = 2.3 %; Al = 0.0 meq/100g; Ca+Mg = 5.5 meq/100g. The planting material type was piece of rhizome. A spacing of 2.5 m between plants and 3.0 m between rows was used. Twelve plants per cultivar composed each row. Each planting hole received a mixture of 4.0 kg of poultry manure plus 0.5 kg of limestone. Additional limestone was applied at a rate of four tones per hectare, split in two doses, at six and 12 months after the planting date. Poultry manure was applied in intervals of four months, at a rate of 4.0 kg per banana mat, at a distance of 0.5 m from the follower sucker. Mechanical weed control was used, initially with the hoe and, after the full establishment of the crop, with the sickle. Frequent pruning allowed the banana mat to produce only two shoots at a time, being one for fruiting and another smaller sucker to produce the next bunch. The follower sucker left to grow was the one attached to the parental plant and at the up slope position of the terrain. Cutting of dead leaves and of leaves that rub against the bunch was made. Removing the end of the flowering stalk, which had no fruit, was made at 10 cm from the last hand of bananas. The only sigatoka disease control was the cutting off leaves with more than 50% of area infected with mature spots. At the time of flowering, measurements of number of leaves, height of pseudostem and circumference of pseudostem at 30 cm above the ground were done. The first and the last plants of the rows were not evaluated. Harvesting time was defined when the fruit's angle became less prominent and fruits on upper hands were light green in color. Entire bunches were cut from pseudostem and carried to the packinghouse, where the hands were weighed individually to get the final bunch weight. After harvest, the pseudostem was cut off at 1.5 m above the ground and chopped into small pieces that were left in the plantation. The average bunch weight was used for comparisons of productivity between first and second harvest, and among genotypes.

## RESULTS AND DISCUSSION

Table 1 gives the average weight of the bunch and its respective experimental error at 95% of confidence. For example, in the first harvest, the average weight of the bunch for 'Nanicao' was 31.57 kg, tolerating, at 95% of confidence, an error of  $\pm 2.07$  kg. In the first harvest the cultivars 'Nanicao' and 'Grande Naine' presented the heaviest bunch weight at 31.57 and 30.06 kg, respectively (Table 1). Five of the first seven heaviest bunches belong to the Cavendish subgroup, and two of them to the new genotypes 'FHIA-01' and 'SH-3640'. In the second harvest the hybrids 'SH-3640' and 'FHIA-01' presented the heaviest bunches, at 32.53 and 29.87 kg, respectively. Coto and Barrantes (1999) reported similar results for 'FHIA-01' in organic system, which kept the bunch weight around 31 kg in two successive harvests. 'Enxerto', the main cultivar in the region, produced 12.29 and 14.40 kg for the first and the second harvest, respectively. Bunches of 'Catarina', a new selection of Pome subgroup, was 20% heavier than its similar 'Enxerto'. Increase in bunch weight of 80% and 45% from the first to the second harvest was observed for the hybrids 'Pioneira' and 'Nam', respectively, while the cultivars 'Nanica' and 'Nanicao' showed decrease of 20 and 25%, respectively.

For the same genotype in the two years, the weight of the bunches were different, in a level of 5% of significance by the t-test, for the following genotypes: 'Nanicao', 'Nanica', 'FHIA-01', 'Figo', 'Prata', 'Nam', 'Pioneira'. While the first two cultivars decreased their bunch weight from the first to the second harvest, the other five cultivars had an increase in bunch weight. This is an indication of lack of knowledge on organic crop management to keep the same bunch weight for the Cavendish cultivars along the years, suggesting a need for more studies, particularly in soil fertility and plant protection. It

was evident, in the field, the rusticity and regular production of 'FHIA-01', 'Nam', 'Pioneira', 'Figo' and 'Figo Cinza' along the years, indicating their ability to be grown in organic system.

Resistance to black sigatoka is an important feature for a banana cultivar to avoid the use of fungicides in organic system. Among the genotypes considered resistant to the black sigatoka, 'FHIA-01' had the heaviest bunch, followed by 'Thap Maeo', 'Figo', 'Figo Cinza' and 'Ouro'. According to Frison & Sharrock (2000), 'FHIA-01' was the first new banana variety from a breeding program to be adopted for commercial production. It has been cultivated in Australia as 'Goldfinger', showing good potential for production in subtropical areas. This variety is resistant to black sigatoka and fusarium diseases, as well to nematodes (Frison & Sharrock, 2000). This new banana has been recommended for organic production in the State of Santa Catarina since the year 2001 (Lichtemberg *et al.*, 2001). However, Brazilian consumers are accustomed to the taste and appearance of bananas belonging to Cavendish and Pome subgroup cultivars, and they have not accepted very well alternatives. In the tasting test 'FHIA 01' was classified just as regular, not as good or excellent (Lichtemberg *et al.*, 2001). For this reason, some consumers are using it to make banana chips.

'Thap Maeo' is a variant of 'Mysore', with similar taste and appearance. The ripen fruits show good aspect, with nice yellow color. However, similarly to 'Mysore', it has had difficulty to reach the approval of Brazilian consumers. 'Thap Maeo' has been recommended to be consumed as fresh fruit, although it was considered regular in taste (Lichtemberg *et al.*, 2001). Plants are tall and have not presented good resistance to winds, which is not a good feature of a cultivar to be grown in this windy region of the Atlantic Ocean coast.

TABLE 1- The average weight of the bunch (kg), for the first and the second harvest, for 21 banana cultivars in organic system, at Urussanga, State of Santa Catarina, Brazil. Genotypes are listed in decreasing order of weight for the first harvest.

| Cultivars       |                        | Subgroup    | Genome | Weight of the bunch $\pm$ error<br>at 95% of confidence<br>(kg) |                   |
|-----------------|------------------------|-------------|--------|-----------------------------------------------------------------|-------------------|
| Brazil          | Synonym                |             |        | First Harvest                                                   | Second Harvest    |
| Nanicão         | Giant Cavendish        | Cavendish   | AAA    | 31.57 $\pm$ 2.07                                                | 25.22 $\pm$ 5.31* |
| Grande Naine    | Grand Nain             | Cavendish   | AAA    | 30.06 $\pm$ 1.82                                                | 27.01 $\pm$ 2.29  |
| SH 3640         |                        | Pome Hybrid | AAAB   | 28.15 $\pm$ 2.62                                                | 32.53 $\pm$ 8.76  |
| Nanica          | Dwarf Cavendish        | Cavendish   | AAA    | 27.75 $\pm$ 2.10                                                | 20.92 $\pm$ 2.37* |
| Nanicão Corupa  | Corupa Giant Cavendish | Cavendish   | AAA    | 26.94 $\pm$ 3.20                                                | 25.56 $\pm$ 2.86  |
| FHIA-01         | Gold Finger            | Pome Hybrid | AAAB   | 26.01 $\pm$ 1.70                                                | 29.87 $\pm$ 4.61* |
| Williams        | Williams               | Cavendish   | AAA    | 23.34 $\pm$ 4.37                                                | 22.08 $\pm$ 3.38  |
| Thap Maeo       | Thap Maeo              | Mysore      | AAB    | 22.11 $\pm$ 1.47                                                | 22.63 $\pm$ 3.73  |
| Ouro da Mata    |                        | Pome Hybrid | AAAB   | 17.36 $\pm$ 2.39                                                | 17.46 $\pm$ 2.32  |
| Figo            | Bluggoe                | Bluggoe     | ABB    | 15.93 $\pm$ 2.06                                                | 20.71 $\pm$ 2.19* |
| Catarina        | Catarina Prata         | Pome        | AAB    | 15.25 $\pm$ 2.06                                                | 17.17 $\pm$ 1.17  |
| Pacovan         |                        | Pome        | AAB    | 15.24 $\pm$ 1.28                                                | 15.01 $\pm$ 2.60  |
| Figo Cinza      | Bluggoe                | Bluggoe     | ABB    | 14.29 $\pm$ 1.96                                                | 15.59 $\pm$ 1.79  |
| Prata           | Prata                  | Pome        | AAB    | 13.40 $\pm$ 0.81                                                | 10.34 $\pm$ 1.77* |
| Enxerto         | Dwarf Prata            | Pome        | AAB    | 12.29 $\pm$ 1.74                                                | 14.40 $\pm$ 2.54  |
| Nam             |                        |             | AAA    | 11.78 $\pm$ 1.22                                                | 17.04 $\pm$ 1.83* |
| Maçã Tropical   | Tropical Apple         | Silk        | AAB    | 11.45 $\pm$ 2.08                                                | 12.43 $\pm$ 2.54  |
| Ouro            | Sucrier                | Sucrier     | AA     | 10.98 $\pm$ 2.25                                                | 7.97 $\pm$ 2.70   |
| Branca          | Santa Catarina         | Pome        | AAB    | 10.33 $\pm$ 2.06                                                | 10.53 $\pm$ 1.28  |
| Pioneira        |                        | Pome Hybrid | AAAB   | 9.06 $\pm$ 2.96                                                 | 16.36 $\pm$ 2.02* |
| Fig Pomme Naine |                        | Silk        | AAB    | 9.01 $\pm$ 1.90                                                 | 8.58 $\pm$ 0.61   |

\*Significant difference in weight of the bunch, for the same cultivar, between the first and the second harvest ( $p < 0.05$ , t-test).

'Figo' and 'Figo Cinza' are Bluggoe types of banana/plantain. They have shown to be resistant to yellow and black sigatoka, but have not good commercial features for the regional market. They have been used to make banana chips.

'Ouro', a kind of 'Sucrier', has good potential to the local market. In contrast, it has not presented good resistance to the cool winter of the region. It should be recommend to be sold for the top class consumer, where it could get profitable prices, for its good taste although low productivity.

'Pioneira' and 'Nam' increased the weight of the bunch in more than 80% and 40%, respectively, from the first to the second harvest. Both cultivars have shown resistance to yellow sigatoka and fast development in the field. The fruits are tasty, particularly 'Nam'. Bunches are not so heavy, which is an important factor for the organic growers who must harvest by hand and carry the bunch on the shoulder through the hilly terrain of the banana plantation.

Lichtemberg *et al.* (2001), in their recommendation of banana cultivars in organic system for the State of Santa Catarina, detailed the agronomic characteristics and productivity for 'FHIA-01', 'Thap Maeo', 'Nam' (Baby Prata) and 'SH-3640'. The four genotypes were considered to have medium to high pseudostem, low to medium productivity and good resistance to black sigatoka. They highlighted the lacking of studies on the commercial acceptance of these new recommended cultivars, reporting that: 'SH-3640' is being commercialized in the State of Ceara, Brazil; 'FHIA-01', in Cuba and Australia; 'Thap Maeo', in India. They reported the weight of the bunches at 30.196 kg for 'FHIA-01', 19.296 kg for 'Thap Maeo', 18.207 kg for 'Nam', 27.978 kg for 'SH-3640', in conventional system using chemical fertilizer. These weights are similar or still smaller than those reported in Table 1, confirming the good yield of the four cultivars in organic system.

In October 2004, black sigatoka was found in the State of Santa Catarina, bringing panic among the banana growers, particularly to those working in the organic system. Thus, it is recommended to use resistant genotypes to black sigatoka in commercial organic banana crops. It is also important to continue observing other genotypes like 'Pioneira', 'Maçã Tropical', 'Nam', as they have presented resistance to yellow sigatoka, expecting a similar behavior against the black sigatoka, in this subtropical environment at the southern shore of the State of Santa Catarina. As important as the bunch weight is the resistance to black sigatoka disease, in the organic banana production.

**Figure 1** – The average weight (kg) of the first bunch. Vertical bars indicate the experimental error at 95% of confidence.

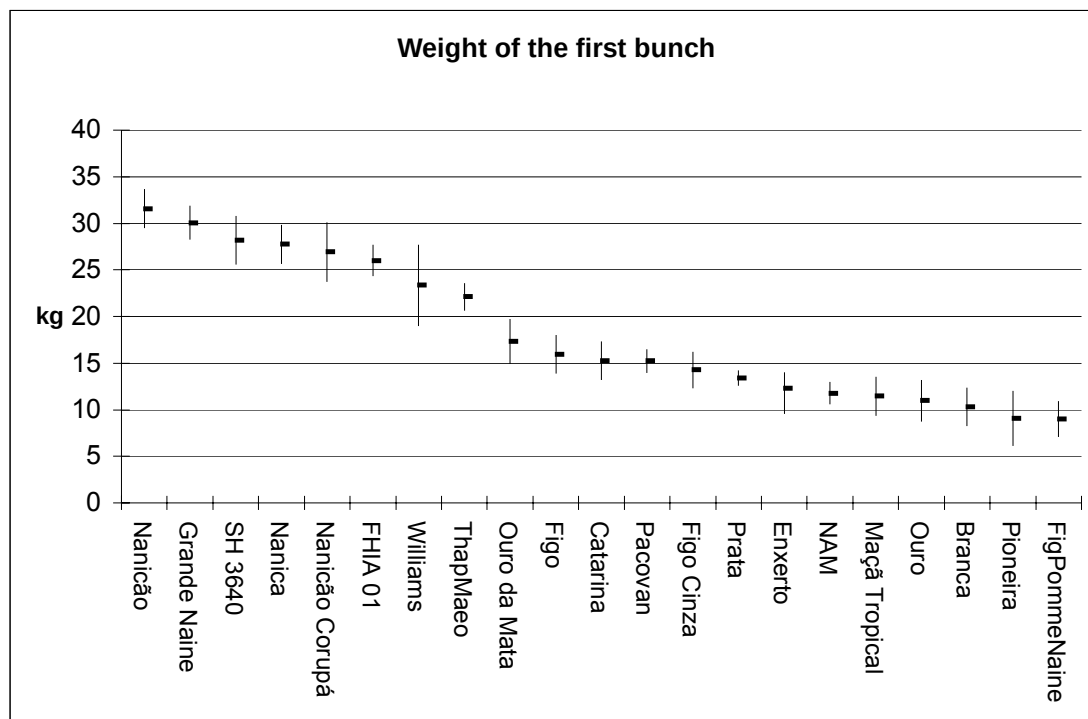
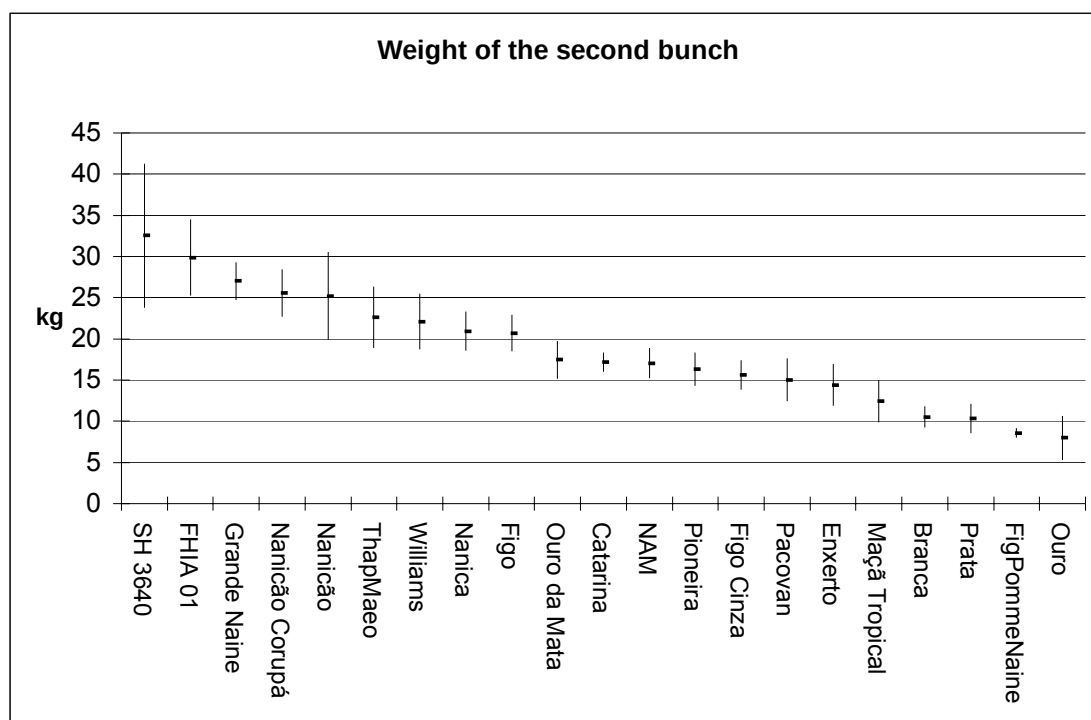




**Figure 2-** The average weight (kg) of the second bunch. Vertical bars indicate the experimental error at 95% of confidence.



Eight cultivars had bunches weighing more than 20 kg in the first harvest (Figure 1): 'Nanicao', 'Grande Naine', 'SH-3640', 'Nanica', 'Nanicao Corupa', 'FHIA-01', 'Williams' and 'Thap Maeo'. In the second harvest, 'Figo' also reached this group of cultivars (Figure 2). In the other side, eight cultivars had bunches weighing less than 15 kg in the first harvest: 'Prata', 'Enxerto', 'Nam', 'Maça Tropical', 'Ouro', 'Branca', 'Pioneira', 'Fig Pomme Naine'. However, for the second harvest, just five of them produced bunch less than 15 kg, as 'Pioneira', 'Nam' and 'Enxerto' increased substantially the weight of the bunch. However, the most impressive aspect in Figure 2 is the range on the weight of the bunch for the cultivars 'SH-3640' and 'FHIA-01', indicating an experimental error that must be improved by better crop management.

## CONCLUSION

In general, the weight of the bunch for the Pome hybrids increased from the first to the second harvest, keeping similar to Pome cultivars and decreasing for Cavendish cultivars. However, with the advent of black sigatoka in subtropical regions of Brazil, the evaluations must be carried on to verify the behavior of banana cultivars, in organic system.

## REFERENCES

1. COTO, L.S., BARRANTES, R.R. 1999. *Producción de banano orgánico y, o, ambientalmente amigable. Memorias del taller internacional en la EARTH, Guácimo, Costa Rica*. INIBAP. P.180-185.
2. FRISON, E.A., SHARROCK, S. 2000. *Organic banana 2000: Toward an organic banana initiative in the Caribbean. Report of the International workshop on the production and marketing of organic bananas by smallholder farmers, Santo Domingo, Dominican Republic*. INIBAP. P.143-150.
3. LICHTENBERG, L.A., MALBURG, J.L., ZAFFARI, G.R., HINZ, R.H. 2001. *Avaliação de cultivares para o Estado de Santa Catarina 2001/2002*. Florianópolis: EPAGRI. P.31-37.
4. OLTRAMARI, A.C., ZOLDAN, P., ALTMANN, R. 2002. *Agricultura orgânica em Santa Catarina*. Florianópolis: Instituto CEPA. 55p.

## INHIBICION DEL CRECIMIENTO MICELIAL DE *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* CON EXTRACTO ETANOLICO DE CINCO PLANTAS SILVESTRES

### INHIBITION OF MYCELIAL GROWTH OF *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* WITH ETHANOLIC EXTRACT OF FIVE WILD PLANTS

Dorian Rodríguez<sup>1</sup>; Maria Sanabria<sup>1</sup>; Alexander Chirinos<sup>2</sup>; Robert Guerra<sup>2</sup>; Danny Martinez<sup>2</sup>; Anibal Perozo<sup>2</sup> & Ricardo Rodríguez<sup>2</sup>.

#### RESUMEN

Para evaluar la efectividad de los extractos de plantas sobre el control del patógeno del Mal de Panamá, se llevó a cabo una prueba *in vitro* exponiendo *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense* al extracto de 5 plantas silvestres diluido en agar papa dextrosa, a cinco concentraciones. Se midió el diámetro de la colonia y se comparó con el del control. Todos los extractos inhibieron el crecimiento del hongo, sin embargo, el de *Ocimum basilicum* fue el mas efectivo, ocasionando el 100% de inhibición con el 5% de extracto. Otros extractos de plantas inhibieron el 80% del crecimiento fungoso con la misma concentración. Los resultados coinciden con los obtenidos en otros patosistemas y otras especies de *Ocimum*.

Palabras Clave: control, Mal de Panamá, extracto vegetal, *in vitro*

#### SUMMARY

To evaluate the effectiveness of plant extracts on the control of the pathogen of Panama Disease of Banana, an *in vitro* test was undertaken exposing *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* to the extract of 5 wild plants diluted in potato-dextrose-agar at five concentrations. Colony diameter was measured and compared with that of the control. All the plant extracts inhibited fungus growth, however, the most effective one was *Ocimum basilicum*, which caused 100% inhibition with 5% extract. Other plant extracts caused over 80% inhibition with similar concentration. Results are in agreement with those obtained with other pathosystems and other *Ocimum* species.

Keywords: control, disease, vegetable extract, *in vitro*

#### INTRODUCCIÓN

El mal de Panamá es el principal problema del cambur manzano (*Musa AAB*) en las explotaciones para exportación en Venezuela (Rodríguez, 2000). La enfermedad, ocasionada por *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*, es de difícil control, ya que los fungicidas químicos han resultado inefectivos (Sivamani y Gnanamanickam, 1988). El uso de variedades resistentes es considerado el único método de control efectivo contra la enfermedad (Singh y Chadha, 2000); sin embargo, algunos productores están tan arraigados al cultivo del manzano que se niegan a cambiar de musacea, por lo que impera la necesidad de buscar alternativas que permitan a los productores proteger el cultivo y lograr una producción rentable. Los extractos de plantas han demostrado tener efectos positivos en el control de fitopatógenos (Dubey y Kishore, 1987; Bianchi et al., 1997; Tewari, 1995; Pretorius et al. 2002). Rodríguez y Montilla (2002) demostraron el efecto de un producto comercial, Citrex (extracto de semilla de *Citrus paradisi*), en el control de la marchitez en tomate causada por *F. oxysporum* f.sp. *lycopersici*, estos resultados abren la posibilidad de encontrar algún extracto que sea efectivo para el control del mal de Panamá. Con este objetivo, se evaluó el extracto etanólico de cinco plantas silvestres sobre el desarrollo del *F. oxysporum* f. sp. *cubense* *in vitro*.

#### MATERIALES Y METODOS

Se colectaron hojas de *Melochia tomentosa*, *Lantana achyranthifolia*, *Crothon rhamnifolius*, *Hiptys suaveolens* y *Ocimum basilicum*, se secaron a la sombra y se molieron en una licuadora Oster<sup>MR</sup>. Siguiendo la metodología de Marcano y Hasegawa (2002), el material se colocó en maceración con

<sup>1</sup> Profesores Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado. Apartado de correos 400 Barquisimeto, estado Lara, Venezuela. rdorian@ucla.edu.ve; rdorian7@yahoo.com.

<sup>2</sup>Estudiantes de Ingeniería Agronómica, Postgrado de Fitopatología, Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado. Apartado de correos 400 Barquisimeto, estado Lara, Venezuela.

alcohol etílico al 96% por 2 a 7 días, luego se separó el alcohol en un Rotaevaporador Brinkmann y se obtuvo el extracto puro, el cual se diluyó en medio papa-dextrosa-agar en las concentraciones 0; 1; 2,5; 5; 10 y 15% (v/v), inmediatamente después de la esterilización del medio en el autoclave y se vertió en platos Petri, utilizando 4 repeticiones (platos) por tratamiento. En el centro de cada plato se colocó un disco de agar con micelio de *F. oxysporum* f. sp. *cubense* de 7 días de edad. Los platos se incubaron a 25-27°C y luz alterna (12 hr.) hasta que en el de 0% la colonia alcanzara la orilla del plato, en ese momento se midió el diámetro de la colonia y se calculó el porcentaje de inhibición del crecimiento del hongo causado por cada tratamiento en comparación con el testigo (0%). Se realizó el análisis de varianza de cada extracto por separado, utilizando un diseño completamente aleatorizado. El ensayo fue repetido.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se encontraron diferencias significativas ( $P < 0,01$ ) entre las dosis evaluadas de cada extracto (Cuadro 1). El extracto más efectivo fue el de *O. basilicum*, el cual fue capaz de ocasionar la inhibición total del crecimiento micelial al 5% de concentración y del 82% con el 1% de extracto. Los extractos de *L. achyranthifolia*, *M. tomentosa* e *H. suaveolens* ocasionaron una inhibición de mas del 80% a la misma concentración del 5%, lo cual indica que aunque se observaron diferencias, cualquiera de estos extractos puede ser considerado para la evaluación contra la enfermedad. El extracto menos efectivo fue el de *C. rhamnifolius*, siendo necesario el 15% del extracto para lograr el 100% de inhibición. Otras especies de *Ocimum* han sido igualmente efectivas en el control de *Phytophthora palmivora* en cacao (Awuah, 1994) y *Pyricularia grisea* en arroz (Tewari, 1995), por lo que podría esperarse la bondad del extracto en el control del Mal de Panamá. Sin embargo, como *F. oxysporum* f.sp. *cubense* es un patógeno que habita en el suelo e invade en forma sistémica la planta, debe considerarse el método de aplicación del extracto y la capacidad de éste para penetrar las raíces.

Trabajando con *F. oxysporum* f.sp. *lycopersici* y el extracto comercial de semilla de *Citrus paradisi*, tanto en pruebas *in vitro* como *in vivo*, se logró reducir el crecimiento micelial y disminuir la incidencia de la marchitez en tomate (Rodríguez y Montilla, 2002). Pruebas posteriores indicaron que aquellas plantas que recibieron el tratamiento con el extracto mostraban una reducción en la cantidad de vasos xilemáticos necrosados (Guedez et al. 2001). Tales resultados indican la probabilidad de lograr un efecto similar de los extractos sobre el mal de Panamá. Actualmente, se evalúa el extracto de *O. basilicum* y de otras plantas en el campo, mediante la aplicación de los extractos al pie de la planta.

El efecto de los extractos sobre los patógenos, se ha sugerido que se deba a los metabolitos secundarios presentes en ellos (Marcano y Hasegawa, 2002). En ese sentido, Castillo (2004) determinó los metabolitos presentes o ausentes en las plantas incluidas en este estudio (Cuadro 2); de sus resultados se puede notar que la diferencia de *C. rhamnifolius* con respecto a las otras plantas es la ausencia de aceites esenciales en su extracto, por lo que se deduce que es este compuesto el responsable del efecto que tienen las plantas sobre el hongo. Los compuestos aromáticos y en algunos casos los alcaloides, juegan un importante papel en la defensa de las plantas contra patógenos, insectos y otros herbívoros (Swain, 1977) y generalmente se encuentran ubicados en los tricomas o en células superficiales especiales en los órganos de las plantas.

## BIBLIOGRAFIA

1. Awuah, R. T. 1994. *In vivo* use of extracts from *Ocimum gratissimum* and *Cymbopogon citrates* against *Phytophthora palmivora* causing blackpod disease of cocoa. Ann. appl. Biol. 124:173-178.
2. Bianchi A., Zambonelli, A., Zechini d'Aulerio, A. and Bellesia, F. 1997. Ultrastructural studies of the effects of *Allium sativum* on phytopathogenic fungi *in vitro*. Plant. Dis. 81:1241-1246.
3. Castillo, J. 2004. Determinación de Metabolitos Secundarios en Plantas Silvestres del Parque Nacional Terepaima, Municipio Palavecino, estado Lara. Trabajo de Grado de Ingeniero Agrónomo. Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado. 103 pp.
4. Dubey, N. and N. Kishore. 1987. Fungitoxicity of some higher plants and synergistic activity of their essential oils. Trop. Sci. 27:23-27.
5. Guedez, C.; M. Sanabria, D. Rodríguez y O. Montilla. 2001. Histopatología de raíces de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) infectadas con *Fusarium oxysporum* y tratadas con Citrex. Resumen XVII Congreso Venezolano de Fitopatología. Maracay.
6. Marcano, D. y Hasegawa, M. 2002. Universidad Central de Venezuela, Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico. Caracas. 588 pp.
7. Pretorius, J., Zietsman, P. and Eksteen, D. 2002. Fungitoxic properties of selected South African plant species against plant pathogens of economic importance in agriculture. Ann. appl. Biol. 141:117-124.
8. Rodríguez, D. 2000. Ocurrencia de *Fusarium oxysporum* en plantaciones de cambur manzano en el estado Trujillo, Venezuela. Fitopatol. Venez. 13:22-24.
9. Rodríguez, D. y Montilla, O. 2002. Disminución de la marchitez causada por *Fusarium* en tomate con extracto de *Citrus paradisi*. Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica) 63:46-50.

10. Singh, H y Chadha, K. 2000. Bananos y plátanos en la India. INFOMUSA 5. (2):22 – 25.
11. Sivamani, E. and Gnanamanickam, S.S. 1988. Biological control of *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense* in banana by inoculation with *Pseudomonas fluorescens*. Plant and Soil 107: 3-9.
12. Swain, T. 1977. Secondary compounds as protective agents. Ann. Rev. Plant Physiol.28:479-501.
13. Tewari, S. N. 1995. *Ocimum sanctum* L. a botanical fungicide for rice blast control. Trop. Sci. 35:263-273.

Cuadro 1.- Porcentaje de inhibición del crecimiento micelial de *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* por efecto de aplicación del extracto de hojas de *Melochia tomentosa*, *Lantana achyranthifolia*, *Crothon rhamnifolius*, *Hiptys suaveolens* y *Ocimum basilicum*.

| Especie Vegetal                | Concentración del extracto (%) (v/v) |        |        |        |       |
|--------------------------------|--------------------------------------|--------|--------|--------|-------|
|                                | 1                                    | 2,5    | 5      | 10     | 15    |
| <i>Melochia tomentosa</i>      | 34.8 d                               | 39.9 c | 84.1 b | 100 a  | ne    |
| <i>Lantana achyranthifolia</i> | 67.7 c                               | 79.6 b | 81.7 b | 98.2 a | ne    |
| <i>Crothon rhamnifolius</i>    | 0                                    | 0      | 54.5 c | 90.9 b | 100 a |
| <i>Hiptis suaveolens</i>       | 65.6 c                               | 73.3 b | 85.5 a | ne     | ne    |
| <i>Ocimum basilicum</i>        | 81.9 c                               | 96.6 b | 100 a  | ne     | ne    |

ne= no evaluado

Cuadro 2. Metabolitos presentes o ausentes en cinco especies de plantas silvestres. Tomado de Castillo (2004).

| Especie                   | Alcaloides | Antraquinonas | Saponinas | Flavonoides | Polifenoles y Taninos | Aceites esenciales |
|---------------------------|------------|---------------|-----------|-------------|-----------------------|--------------------|
| <i>L. achyranthifolia</i> | +++        | -             | -         | +           | -                     | +                  |
| <i>C. rhamnifolius</i>    | + - +      | -             | -         | -           | -                     | -                  |
| <i>M tomentosa</i>        | +++        | -             | -         | -           | -                     | +                  |
| <i>O. basilicum</i>       | +++        | -             | -         | -           | -                     | +                  |
| <i>H. suaveolens</i>      | +++        | -             | -         | +           | -                     | +                  |

**EFFECTO DEL EXTRACTO ETANÓLICO DE *Heliotropium indicum* L., *Lippia origanoides* H. B. K. Y *Phyllanthus niruri* L. EN HIJOS DE 'PLATANO HARTON' (*Musa AAB*) EN EL CONTROL DE *Mycosphaerella fijiensis* MORELET EN YARACUY, VENEZUELA.**

**EFFECT OF EXTRACT ETANOLICO OF *Heliotropium indicum* L., *Lippia origanoides* H. B. K. AND *Phyllanthus niruri* L. IN CHILDREN OF 'HARTÓN PLANTAIN' (*Musa AAB*) IN THE CONTROL OF *Mycosphaerella fijiensis* MORELET IN YARACUY, VENEZUELA.**

Julitt Belén Hernández Fermín<sup>1</sup>; Dorian A. Rodríguez<sup>2</sup>; María Elena Sanabria<sup>2</sup>; Giomar Blanco<sup>1</sup> & Nelly Sanabria<sup>3</sup>

**RESUMEN**

El uso inadecuado de algunos productos químicos para el control de *Mycosphaerella fijiensis* Morelet causante de la sigatoka negra en plátano (*Musa AAB*), ha ocasionado problemas de resistencia y de contaminación ambiental; creando la necesidad de investigar nuevas alternativas de control; al respecto se evaluó el efecto del extracto etanólico de *Heliotropium indicum*, *Lippia origanoides* y *Phyllanthus niruri*, en el Asentamiento Campesino Macagua-Jurimiquire, municipio Veroes, estado Yaracuy, Venezuela. Los extractos fueron asperjados sobre hijos seleccionados totalmente al azar dentro de la plantación de 'Plátano Hartón' altamente infectada. Los extractos obtenidos de hojas secas, se prepararon al 10% y el testigo fue agua destilada; se realizaron cinco aplicaciones, una vez por semana. Se evaluó la hoja mas joven manchada (HMJE), el promedio ponderado de infección (PPI), el índice de infección (II), el numero de hojas totales promedio (NHT) y la emisión foliar (EF). Durante siete semanas de observación no hubo diferencias significativas entre los tratamientos. Sin embargo, se evidenció después de la primera aplicación, una disminución del PPI con *Lippia origanoides* (1,3) con relación al testigo. Con *Heliotropium indicum* se observó una disminución del PPI (1,5) después de la cuarta con respecto al testigo y la mayor posición de HMJE (4,6), de un NTH de 7,6. Plantas tratadas con *Phyllanthus niruri* mostraron un efecto positivo sobre la EF. Se recomienda continuar las investigaciones por periodos más largos; representando estos extractos un potencial de uso en pequeños sistemas de producción para el control de la sigatoka negra.

**Palabras Clave:** Extracto etanólico, *Heliotropium indicum*, *Lippia origanoides*, *Phyllanthus niruri*, sigatoka negra.

**SUMMARY**

The inadequate use of some chemical agents for the control of *Mycosphaerella fijiensis* Morelet cause of sigatoka black in banana (*Musa AAB*), has caused problems of resistance and environmental contamination; creating the necessity to investigate new alternatives of control; on the matter the effect of the etanólico extract of *Heliotropium indicum*, *Lippia origanoides* and *Phyllanthus niruri*, was evaluated in the establishment farmer Macagua-Jurimiquire, Veroes municipality, Yaracuy state, Venezuela. The extracts were sprinkled on children selected totally at random within the plantation of 'Hartón Plantain' highly infected. The obtained extracts of dry leaves, were prepared to 10% and the control was distilled water; five applications were made, once for week. The leaf but young disease (HMJE), the weighed average of infection (PPI), the infection index (II), number of total leaves average (NHT) and the emission to foliar (EF) was evaluated. During seven weeks of observation there were no significant differences between the treatments. During seven weeks of observation there were no significant differences between the treatments. Nevertheless, it was demonstrated after the first application, a diminution of PPI with *Lippia origanoides* (1,3) with relation to the control. With *Heliotropium indicum* a diminution (1,5) of the PPI after fourth with respect to the control and greater position of HMJE was observed (4,6), of a NTH of 7,6. Plants dealt with *Phyllanthus niruri* showed a positive effect on the EF. It is recommended to continue the investigations per longer periods; representing these extracts a potential of use in small production systems for the control of sigatoka black.

**Keywords:** Ethanolic extract, *Heliotropium indicum*, *Lippia origanoides*, *Phyllanthus niruri*, black sigatoka.

<sup>1</sup> Investigadoras del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA, Yaracuy), San Felipe, estado Yaracuy. E-mail's: jhernandez@inia.gob.ve, gblanco@inia.gob.ve.

<sup>2</sup> Investigador de la Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado, Postgrado de Fitopatología. Barquisimeto, estado Lara. E-mail: rdorian7@yahoo.com.

<sup>3</sup> Investigadora de la Universidad Central de Venezuela, Facultad de Agronomía, Maracay, estado Aragua. E-mail: mesanabria



## INTRODUCCIÓN

La Sigatoka negra causada por el hongo *Mycosphaerella fijiensis* Morelet (Anamorfo: *Pseudocercospora fijiensis* (Morelet)), es considerada la enfermedad más importante que afecta a los cultivos de plátano (*Musa AAB*) y banano (*Musa AAA*) en todas las zonas productoras. Las grandes plantaciones, realizan su control mediante el uso de productos químicos; resultando hasta ahora el método más eficaz en el control; pero, el uso inadecuado de los productos químicos ha ocasionado que el hongo ya tenga resistencia a los más comúnmente utilizados, tales como los Benzimidazoles (Benomilo) (Pérez *et al.*, 2000) y a los Triazoles (Propiconazole) y recientemente, se ha señalado la disminución de sensibilidad de *M. fijiensis* a las estrobilurinas (Marín *et al.* 2003). Los pequeños productores, que son la mayoría, no tienen posibilidades de realizar el control químico porque les resulta muy costoso; en este sentido, el manejo de la enfermedad se está orientado al uso de otras prácticas, de manera de contribuir a disminuir el inóculo y convivir con la enfermedad.

Lo antes expuesto, crea la necesidad de investigar nuevas alternativas de control de la sigatoka negra para ello, se planteó esta investigación con el objetivo de evaluar el efecto del extracto etanólico de *Heliotropium indicum*, *Lippia organoides* y *Phyllanthus niruri*. en hijos de 'Plátano Hartón' en el control de *M. fijiensis* en Yaracuy, Venezuela.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento, se instaló en el Asentamiento campesino Macagua-Jurimiquire, municipio Veroes, estado Yaracuy, ubicado en las coordenadas: Norte 10° 25' 28" y Oeste 68° 38' 36" y una altitud de 90 msnm, en la parcela propiedad de la Sra Juana Aguilar, de menos de 5 ha, con contenidos bajos en materia orgánica, bajos a muy bajos en fósforo y medios en potasio, pH 8. La época de instalación del experimento coincidió con la de mayor incidencia y severidad de sigatoka negra, de acuerdo a la curva epidemiológica determinada en estudios previos para la zona (Hernández *et al.* 2005). Las condiciones climáticas promedio durante el periodo de evaluación fueron: Temperatura de 27,7 °C, humedad relativa de 98,2 % y precipitación de 213,4 mm, mediciones determinadas con un termohigrómetro marca Lambrecht.

Plantas sanas de *Phyllanthus niruri* y de *Heliotropium indicum* *Lippia organoides* fueron trasladadas a un cobertizo donde se procedió al tendido para su secado durante un periodo de 20 días; luego, se separaron las hojas e inflorescencias; se pesaron y se molieron. Posteriormente, las muestras molidas se colocaron a macerar en alcohol etanol al 96% durante 7 días en frascos de vidrio con tapa; protegidos de luz directa. Luego, el macerado, se filtró en una gasa; y se sometió a agitación continua durante aproximadamente 30 min. en un rotavapor RE 111 Büchi a 100 °C hasta obtener el extracto etanólico (Marcano y Hasegawa, 2002). Cada extracto, se distribuyó en viales de 10 ml c/u, los cuales se trasladaron al campo para su aplicación a una temperatura de 27°C y se diluyeron en agua destilada al 10% de la concentración para su aplicación con un atomizador plástico manual de 1 L de capacidad donde se le añadió 0,5 ml de un adherente (Tween® 20).

En un lote de la parcela sembrado con 'Plátano Hartón', altamente infectado, se seleccionaron 'hijos' con un promedio de 6 hojas a libre exposición de inóculo, distribuidos totalmente al azar con 05 repeticiones y cada planta constituyó una unidad experimental, a los cuales se les aplicó en el haz y el envés de todas las hojas, hasta cubrirlas totalmente; los tratamientos siguientes: T1= Extracto de *P. niruri*, T2= Extracto de *H. indicum*, T3= Extracto de *L. organoides* y T4= Testigo (agua destilada). Las aplicaciones se realizaron con una frecuencia semanal, durante 5 semanas, para un total de 5 aplicaciones y las observaciones se realizaron durante 7 semanas consecutivas, siendo las variables evaluadas las relativas a la incidencia y severidad de la sigatoka negra según la escala de Stover modificada por Gauhl, 1989 (Gauhl, 1994) y la posición de hoja más joven enferma (HMJE); luego, se cuantificó la enfermedad mediante el promedio ponderado de infección (PPI) y el índice de infección (II); además se determinó el número de hojas totales promedio (NTH) y la emisión foliar (EF) (Brun, 1963; INIBAP/IPGRI/PROMUSA, 1998). Finalmente, la comprobación de normalidad se realizó por semana de observación mediante la prueba de Wilk y Shapiro, se realizó el ANAVAR para las variables que presentaron una distribución normal; aquellas que no presentaron distribución normal por Kruskal y Wallis, y las comparaciones entre tratamientos se realizaron mediante la prueba de Tukey utilizando el paquete estadístico Statistix.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

No hubo diferencias significativas entre los tratamientos para las variables analizadas PPI, HMJE, II, TH y EF. Sin embargo, se evidenció después de la primera aplicación, una disminución del PPI con *L. origanoides* (1,3) con relación al testigo (1,9); y del II después de la primera (21,2%), tercera (23,8%) y cuarta aplicación (23,4%) respectivamente con relación al testigo. Con *H. indicum* se observó una disminución del PPI después de la cuarta (1,5) con respecto al testigo y la mayor posición de HMJE (4,6), de un NTH de 7,6 (Cuadro 1). Plantas tratadas con *P. niruri* mostraron una tendencia positiva sobre la EF y negativa con *H. indicum* (Cuadro 1).

Cabe destacar que durante el periodo de evaluación del experimento, ocurrieron eventos de precipitación dos días antes de la 1era aplicación (20,7 mm de lluvia), un día antes de la segunda aplicación (9,6 mm) y 3, 4 y 7 días después de ésta, es decir, 6,6; 9,0 y 5,0 mm respectivamente; igualmente, el mismo día, después de realizada la 4ta aplicación (71,4 mm) y 5 días después de ésta (25,6 mm); lo cual pudo haber influenciado los resultados obtenidos.

Igualmente, la efectividad de los extractos etanólicos evaluados puede ser atribuida a la concentración utilizada o a las características morfológicas, bioquímicas y genéticas de *M. fijiensis*; lo cual ha sido señalado en otras investigaciones (Zapata *et al.* 2003).

Aunque se ha señalado una disminución de la incidencia de alternariosis en tomate con *P. niruri* (Henriques *et al.* 2004); con sigatoka negra resultó mas eficaz *H. indicum*; lo cual coincidió con los resultados de un estudio previo (Hernández *et al.* 2004). Puede ser que el extracto activa algún mecanismo de defensa de la planta susceptible (Rosales y Riveros, 2003), limitando el establecimiento del patógeno; o afectando directamente la germinación de la espóra; igualmente, pudiera estar afectando la producción de hojas; pero esto habría que evaluarlo en condiciones de laboratorio.

Es posible que el efecto de *Heliotropium* sobre sigatoka negra en musáceas sea atribuido además a la presencia polifenoles y taninos o de aceites esenciales presentes, determinados en estudios previos (Henriques *et al.* 2004).

Cuadro 1. Medias de las variables relativas a la incidencia y severidad de la sigatoka negra en hijos de 'Plátano Hartón' tratados con extractos etanólicos

| Tratamiento       |                             | HMJE | PPI | II   | NTH | EF  |
|-------------------|-----------------------------|------|-----|------|-----|-----|
| 1era. aplicación: | <i>Phyllanthus niruri</i>   | 4,8  | 1,5 | 25,0 | 6,8 | 1,6 |
|                   | <i>Heliotropium indicum</i> | 4,6  | 2,0 | 34,0 | 7,4 | 1,2 |
|                   | <i>Lippia origanoides</i>   | 4,8  | 1,3 | 21,2 | 7,0 | 1,4 |
|                   | Agua                        | 5,0  | 1,9 | 31,4 | 7,3 | 1,3 |
| 2da. Aplicación   | <i>Phyllanthus niruri</i>   | 4,6  | 1,6 | 27,1 | 7,2 | 1,4 |
|                   | <i>Heliotropium indicum</i> | 5,0  | 1,7 | 28,0 | 7,4 | 1,2 |
|                   | <i>Lippia origanoides</i>   | 4,4  | 1,7 | 28,4 | 7,6 | 1,4 |
|                   | Agua                        | 5,0  | 1,7 | 28,1 | 7,6 | 1,2 |
| 3ra. Aplicación   | <i>Phyllanthus niruri</i>   | 4,6  | 1,4 | 24,0 | 7,4 | 1,2 |
|                   | <i>Heliotropium indicum</i> | 4,4  | 2,0 | 32,3 | 7,8 | 1,0 |
|                   | <i>Lippia origanoides</i>   | 4,8  | 1,4 | 23,8 | 7,7 | 1,1 |
|                   | Agua                        | 4,8  | 1,5 | 24,5 | 7,6 | 1,2 |
| 4ta. aplicación   | <i>Phyllanthus niruri</i>   | 4,0  | 1,8 | 29,8 | 7,9 | 1,8 |
|                   | <i>Heliotropium indicum</i> | 4,6  | 1,5 | 24,6 | 7,6 | 1,5 |
|                   | <i>Lippia origanoides</i>   | 4,4  | 1,5 | 23,4 | 7,6 | 1,4 |
|                   | Agua                        | 3,8  | 1,7 | 29,2 | 8,8 | 1,7 |

Prueba de Tukey (P= 0,05). HMJE= Hoja Más Joven Enferma, PPI= Promedio Ponderado de Infección, II= Índice de Infección, NTH= Numero Total de Hojas, EF= Emisión foliar

Aunque los extractos evaluados no ejercen un control total sobre la sigatoka, en cierta forma si regulan el desarrollo del patógeno, obteniéndose reducciones en la incidencia y severidad, lo cual ha sido señalado en estudios previos (Zapata *et al.* 2003).

Los metabolitos secundarios podrían inducir de manera óptima el desarrollo fisiológico de las plantas, facilitando el metabolismo y la división celular, favoreciendo el crecimiento, aumentando y/o activando los mecanismos de defensa contra la sigatoka negra (Rosales y Riveros, 2003) y esto podría explicar el efecto de *P. niruri* sobre la EF.

## CONCLUSIONES

Es la primera experiencia en Venezuela sobre el uso de extractos de *P. niruri*, *H. indicum* y *L. origanoides* en hijos de 'Plátano Hartón' en Venezuela para el control de sigatoka negra.

Los resultados obtenidos en esta investigación muestran el potencial de los extractos en el control de la *M. fijiensis*, causante de la sigatoka negra; en especial *H. indicum*; sin embargo, es necesario continuar las investigaciones por periodos más largos para evaluar dosis, frecuencia de aplicación, durabilidad del efecto fungí tóxico, fitotoxicidad y su influencia sobre el desarrollo de la planta; representando estos extractos un potencial de uso en pequeños sistemas de producción para el control de la sigatoka negra.

## AGRADECIMIENTO

Los autores deseo expresar su agradecimiento al Ing. Agr. MSc. Gustavo Martínez, a los TSU Alexis Pérez y Edward Manzanilla, al Bach. Juan Manuel Vargas H. y a los productores Carlos Luis Sevilla Aguilar y Juana Aguilar por su valiosa colaboración para el logro de los objetivos de esta investigación; igualmente a la Comisión de Educación del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA) por el financiamiento otorgado para la ejecución de la misma.

## LITERATURA CITADA

1. Brun, J. 1963. La cercosporiose du bananier. Ph.D.Thesis de doctorado. Universidad de Paris, Francia. 198 p.
2. Gauhl, F. 1994. Epidemiology and ecology of Black Sigatoka (*Mycosphaerella fijiensis*. Morelet) on plantain and banana in Costa Rica, América Central. Ed. By INIBAP. 120 p.
3. Henriques L., D. A. Rodríguez y M. E Sanabria. 2004. Efecto del extracto de *Opuntia* sp, *Lippia origanoides* y *Crotón rhamnifolius* sobre el crecimiento micelial de *Colletotrichum gloeosporioides* y *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense*. In VIII Congreso Venezolano de Fruticultura. Maracaibo, Venezuela. 1 disco compacto, 700 MB.
4. Hernández G, L.; B. Linares; W. Hidalgo; J. Hernández; N. Romero y J. Morillo. 2005. Estudio preliminar de vigilancia y pronóstico para sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) en el cultivo de plátano (*Musa AAB* cv Hartón) en Macagua-Jurimiquire, estado Yaracuy. Facultad de Agronomía LUZ. Aceptado para su publicación 22 (4).
5. Hernández J.; D. Rodríguez; M. E. Sanabria y G. Blanco. 2004. Uso de extractos etanólicos de *Heliotropium indicum* L. *Lippia origanoides* H.B.K. y *Phyllanthus niruri* L. en 'Plátano Hartón' (*Musa AAB*) de 45 días de edad para el control de *Mycosphaerella fijiensis* Morelet en Yaracuy, Venezuela. In XI Congreso Venezolano de Malezas, San Cristóbal, estado Táchira, Venezuela. 1 disco compacto, 700 MB.
6. INIBAP/IPGRI/PROMUSA. 1998. Guías Técnicas INIBAP 3. Evaluación de la resistencia de los bananos a las enfermedades de sigatoka y marchitamiento por *Fusarium*. Eds. Gisella Orjeda *et al.* 62 p.
7. Marcano, D. y M. Hasegawa. 2002. Fitoquímica orgánica. Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico. Universidad Central de Venezuela. Segunda Edición. ISBN: 980-00-2066-7. Caracas, Venezuela. 588 p.
8. Marín D. H.; R. A. Romero; M. Guzmán y T. B. Sutton. 2003. Black sigatoka: An increasing threat to banana cultivation. Plant Disease. 87 (3): 208-222.
9. Pérez V., L.; A. Batlle; A. Hernández, R. Trujillo; C. Alvarez y A. Méndez. 2000. Evolución de la sensibilidad a fungicidas de las poblaciones de *Mycosphaerella fijiensis* Morelet en banano en Cuba. In XIV Reunión ACORBAT 2000. Resumen. San Juan, Puerto Rico. p: 62.
10. Rosales, F. E.; A. S., Riveros A. 2003. Desarrollo y uso de bioproductos para el control de nemátodos y Sigatoka negra en plantaciones de plátano y banano. In FONTAGRO. Convocatoria 2003. Costa Rica. 35 p.
11. Sanabria M. E. y D. Rodríguez. 2004. Inhibición del crecimiento micelial de *Colletotrichum gloeosporioides* y *Lasiodiplodia theobromae* por el extracto etanólico de *Phyllanthus niruri* y *Heliotropium indicum*. In VIII Congreso Venezolano de Fruticultura. Resumen. Maracaibo, Venezuela. 1 disco compacto, 700 MB.
12. Zapata, R., M. E. Sanabria y D. Rodríguez. 2003. Reducción del desarrollo de hongos fitopatógenos con extracto de Cardón Lefaria (*Cereus deficiens* Otto & Diert). INTERCIENCIA. 28 (5): 302-306.

## EVALUACION DE EXTRACTOS VEGETALES PARA EL CONTROL DE *Mycosphaerella fijiensis* EN PLATANO HARTON (*Musa AAB*) EN CORDOBA-COLOMBIA

## EVALUATION OF PLANT EXTRACTS TO CONTROL THE GROWING OF *Mycosphaerella fijiensis* ON PLANTAIN HARTON (*Musa AAB*) IN DEPARTMENT OF CORDOBA-COLOMBIA

Orlando Marín Borja<sup>1</sup>; Marelis Mass Villadiego<sup>1</sup> & José Barrera Violeth<sup>2</sup>

### RESUMEN

Esta investigación fue realizada en el municipio de Tierralta, departamento de Córdoba, Colombia en el semestre B de 2005. El objetivo del trabajo fue evaluar los efectos biofungicidas de varios extractos vegetales para el control de *Mycosphaerella fijiensis* en plátano, cv Hartón (*Musa AAB*). Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con 12 tratamientos y 5 repeticiones, la unidad experimental estuvo compuesta por seis plantas próximas a la floración en las cuales se midieron las variables: Número de hojas funcionales, la hoja más joven enferma (YLI), la hoja más joven con síntoma (YLS) e índice de infección (I. I.). Tanto la aplicación de los tratamientos como la evaluación de los mismos se realizaron cada 15 días durante 2.5 meses. El crecimiento de *M. fijiensis* mostró sensibilidad a extractos como Neem, Limoncillo, Salvia y Limoncillo+Neem.

**Palabras Claves:** *Sigatoka Negra*, *Musáceas*, *Momordica charantia*, *Swinglea glutinosa*, *Salvia officinalis*, *Carica papaya*, *Azadirachta indica*, *Jatropha* sp, *Ricinus communis*

### SUMMARY

This investigation was made in the municipality of Tierralta, department of Cordoba, Colombia in the semestral B of 2005. The objective of the investigation was to evaluate the effects of several vegetal extracts for the control of *Mycosphaerella fijiensis* in banana, cv Hartón (*Musa AAB*). An experimental design at random with 12 treatments was used completely and 5 repetitions, the experimental unit was composed by six plants next to the flowering in which the variables were moderate: Number of functional leaves, the leaf youngest patient (YLI), the youngest leaf with symptom (YLS) and index of infection (I. I.). As much the application of the treatments as the evaluation such every 15 days were made during 2,5 months. The growth of *M. fijiensis* showed sensitivity extracts like Neem, Limoncillo, Salvia and Limoncillo+Neem.

**Keywords:** *Sigatoka Negra*, *Musáceas*, *Momordica charantia*, *Swinglea glutinosa*, *Salvia officinalis*, *Carica papaya*, *Azadirachta indica*, *Jatropha* sp, *Ricinus communis*

### INTRODUCCION

La Sigatoka Negra causada por *Mycosphaerella fijiensis* es considerada como la enfermedad mas importante y de mayor incidencia en los cultivos de plátano y banano (Stover, 1980). Casi todas las zonas tropicales productoras de plátano están afectadas, la cronología de la enfermedad destaca diferentes registros alrededor del mundo, sugiriendo su origen en el sudeste asiático, tal como *M. musicola* que causa la Sigatoka Amarilla. En América Latina, desde la primera aparición de la enfermedad en Honduras en 1972 (Mourichon y Fullerton, 1990), esta se ha diseminado progresivamente a otros países de América latina y la cuenca del caribe. Entre 1973 y 1980, severas epidemias ocurrieron en el continente, distribuyéndose principalmente desde Honduras a Belice, Guatemala, Nicaragua y Costa Rica. Posteriormente apareció en 1981 en México, Panamá y Colombia, en 1986 en Ecuador. En la década siguiente se registra en 1990 en Cuba, en 1991 en Venezuela y entre 1995 – 1996 en Jamaica y Republica Dominicana. El ultimo registro se refiere a Brasil en 1998 (Jones, 2000) y Haití en el 2000 (Zapater y Mourichon, datos no publicados).

En consecuencia el deterioro del área foliar afecta la capacidad fotosintética, la cual se refleja en la reducción de los rendimientos (debido a que el número de hojas funcionales esta directamente relacionado con el peso y el tamaño del racimo), calidad de la fruta (al favorecer la maduración

<sup>1</sup> Investigadores Proyecto Producción Organica de Plátano. Universidad de Córdoba. E-mail: orly\_0516@yahoo.com, marelismass@yahoo.com.

<sup>2</sup> Docente Universidad de Córdoba. Investigador principal Proyecto Producción Organica de Plátano. Universidad de Córdoba. E-mail: jbarrera11@sinu.unicordoba.edu.co

prematura de los racimos y disminuir la producción de fotoasimilados demandados por los frutos), y el aumento en los costos de producción principalmente (Marín y Romero, 1998).

En Córdoba, hay establecidas 23.000 ha de plátano, que están generando 10.000 empleos directos, con una producción de 7 toneladas por ha al año, de estas el municipio de Tierralta tiene cultivadas 9.000 ha generando alrededor de 4.500 empleos directos al año (Secretaría de Agricultura de Córdoba, 2002). Estos productores presentan muchas desventajas en el desarrollo de dicha actividad, dado a que esta es cada vez más competitiva y difícil de manejar por los crecientes requerimientos de calidad, altos niveles de tecnificación y de protección ambiental, exigidos por los mercados de Europa especialmente.

En Colombia el cultivo de plátano se ha constituido en un renglón de gran importancia socioeconómica, desde el punto de vista de seguridad alimentaria y generación de empleo. Además nuestro país es considerado como el principal exportador de plátano a los mercados de Estados Unidos y la Unión Europea, los cuales mediante sus requerimientos direccionan las necesidades de investigación en la producción sostenible, limpia y ambiental. Por tal razón esta investigación tuvo como objetivo, evaluar diferentes extractos vegetales para el control de *Mycosphaerella fijiensis*.

## MATERIALES Y METODOS

El estudio se realizó en el semestre B de 2005, en el municipio de Tierralta-Córdoba, con el fin de evaluar el efecto biofungicida de diferentes extractos vegetales para el control de *Mycosphaerella fijiensis*. Para ello se utilizaron extractos vegetales (Purines), tres productos reportados en la producción orgánica para el control de hongos (Ramírez, 2004), (Jabón natural, Caldo bórdeles, Biol + Bocachi), un testigo relativo (Químico) y un testigo absoluto (Sin aplicación), con los cuales se constituyeron los tratamientos (Tabla 1).

Para la elaboración de los extractos se realizaron colectas en campo del material vegetal a utilizar como hojas de Balsamina (*Momordica charantia*), Limoncillo (*Swinglea glutinosa*), Salvia (*Salvia officinalis*), Papaya (*Carica papaya*), Neem (*Azadirachta indica*) y Pringamosa (*Jatropha* sp.), las cuales se picaron y maceraron hasta obtener una masa, luego fueron depositadas en baldes plásticos con tapa, a cada balde se le agrego agua en proporción 2.5:1 (2.5 Lt de Agua:1kg. de hoja macerada), sometiéndola posteriormente a fermentación en un lugar limpio y seco por 78 horas.

El aceite de higuera (*Ricinus communis*) se utilizó como adherente natural en la aplicación de los extractos, con el fin de evitar el fácil lavado de los productos naturales, ya que el tiempo del ensayo correspondió al periodo de lluvias en la zona de estudio.

Los tratamientos fueron distribuidos en el campo en un diseño completamente al azar, con 12 tratamientos y cinco repeticiones, la unidad experimental estuvo compuesta por seis plantas próximas a la floración en las cuales se midieron las variables: Número de hojas funcionales, la hoja más joven enferma (YLI), la hoja más joven con síntoma (YLS) e índice de infección (I. I.). Tanto la aplicación de los tratamientos como la evaluación de los mismos se realizaron cada 7 días durante 2.5 meses. Los datos obtenidos fueron sometidos a análisis de varianza y a la prueba de comparación Tukey.

**Tabla 1.** Descripción de los tratamientos.

| Tto. | Composición                                       | Dosis                                     |
|------|---------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| T1   | Ext. de Limoncillo + Ac. de Higuera               | 2 L + 20 cm <sup>3</sup>                  |
| T2   | Ext. de Papaya + Ac. de Higuera                   | 2 L + 20 cm <sup>3</sup>                  |
| T3   | Ext. de Pringamosa + Ac. de Higuera               | 2 L + 20 cm <sup>3</sup>                  |
| T4   | Ext. de Balsamina + Ac. de Higuera                | 2 L + 20 cm <sup>3</sup>                  |
| T5   | Ext. de Limoncillo. + Ac. de Neem +Ac. de Higuera | 1 L + 1 L + 20 cm <sup>3</sup>            |
| T6   | Ext. de Neem + Ac. de Higuera                     | 2 L + 20 cm <sup>3</sup>                  |
| T7   | Ext. de salvia + Ac. de Higuera                   | 2 L + 20 cm <sup>3</sup>                  |
| T8   | Propiconazol (Químico)                            | 20 cm <sup>3</sup> / 2 L H <sub>2</sub> O |
| T9   | Jabón natural (Ramírez 2004)                      | 1 L + 1 L H <sub>2</sub> O                |
| T10  | Caldo bórdeles (Ramírez 2004)                     | 2 L/ bomba                                |
| T11  | Testigo                                           | -                                         |
| T12  | Biol + Bocachi (abono) (Ramírez 2004)             | 1 L + 1.5 kg                              |

Tto.: Tratamiento; Ext.: Extracto; Ac.: Aceite



## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de varianza reportó diferencias estadísticas ( $P < 0.01$ ) entre tratamientos para toda las variables evaluadas (Número de hojas, hojas mas joven con síntomas YLS, hoja mas joven infectada YLI y el índice de infección en porcentaje), lo cual indica que hubo respuesta de sensibilidad del hongo a los tratamientos. La prueba de separación de medias Tukey (Tabla 2), muestra que el testigo relativo (Químico) presento los mejores resultados en todas las variables, este resultado se puede explicar debido a las características del producto (sistémico y rápida absorción) y teniendo en cuenta las condiciones de altas precipitaciones que se registraron en la zona durante el desarrollo de la investigación. Sin embargo el hongo mostró sensibilidad a la aplicación de los extractos de Neem (T6), Limoncillo (T1), Salvia (T7) y Limoncillo+Neem (T5), siendo estos estadísticamente superior al testigo absoluto (T11) en casi todas las variables evaluadas exceptuando el numero de hojas, lo cual demuestra que estos productos pueden ser de uso potencial para el desarrollo de biofungicidas en el control de Sigatoka Negra. Otros productos como el Biol+Bocachi (T12) y Jabón natural (T9), mostraron resultados sobresalientes, anotando que este ultimo provoco quemazón en las hojas aplicadas.

Con la aplicación de los productos antes mencionados se encontró que al momento de la cosecha las plantas conservaron hasta 5 hojas funcionales, lo cual garantiza un buen llenado y peso del racimo (Barrera, 2004)

Es importante resaltar que para investigaciones futuras, se recomienda disminuir las frecuencia de aplicación del producto teniendo en cuenta sus características (no son sistémicos) y se recomienda desarrollar procesos y procedimientos en miras a eficientar y maximizar su producción y aplicación.

Tabla 2. Influencia de extractos vegetales en el control de Sigatoka Negra

| P.T. | Nº Hojas |     |    | YLS |     |     | YLI |     |    | I. I. (%) |      |    |
|------|----------|-----|----|-----|-----|-----|-----|-----|----|-----------|------|----|
| 1    | T8       | 9,0 | a  | T8  | 8.5 | a   | T8  | 7.0 | a  | T8        | 18,2 | c  |
| 2    | T6       | 8.0 | ab | T12 | 6.0 | b   | T1  | 5.0 | b  | T7        | 25,5 | bc |
| 3    | T12      | 8.0 | ab | T6  | 6.0 | b   | T6  | 5.0 | b  | T6        | 27,9 | bc |
| 4    | T9       | 7.5 | ab | T9  | 6.0 | b   | T7  | 5.0 | b  | T1        | 28,0 | bc |
| 5    | T1       | 7.0 | ab | T5  | 6.0 | b   | T9  | 5.0 | b  | T5        | 28,3 | bc |
| 6    | T7       | 7.0 | ab | T7  | 6.0 | b   | T5  | 4.5 | bc | T9        | 29,4 | bc |
| 7    | T3       | 7.0 | b  | T1  | 6.0 | bc  | T12 | 4.5 | bc | T12       | 30,1 | bc |
| 8    | T5       | 7.0 | b  | T2  | 5.5 | bcd | T2  | 4.0 | bc | T11       | 32,4 | ab |
| 9    | T2       | 7.0 | b  | T11 | 5.5 | bcd | T3  | 4.0 | bc | T2        | 33,6 | ab |
| 10   | T11      | 7.0 | b  | T3  | 5.0 | bcd | T11 | 4.0 | bc | T3        | 36,5 | ab |
| 11   | T10      | 6.5 | b  | T4  | 4.5 | cd  | T10 | 4.0 | bc | T4        | 44,0 | a  |
| 12   | T4       | 6.5 | b  | T10 | 4.0 | d   | T4  | 3,0 | c  | T10       | 45,5 | a  |

Letras iguales no indican diferencias significativas según Tukey (1%); P.T: Posición del tratamiento

## CONCLUSIONES

El hongo *Mycosphaerella fijiensis* mostro sensibilidad a la aplicación de extractos vegetales, los cuales pueden ser una alternativa en producción orgánica y sostenible para los pequeños agricultores del municipio de Tierralta.

## BIBLIOGRAFIA

1. BARRERA JOSE LUIS. 2004. contribución fisiológica de las hojas y el epicarpio del fruto en el llenado y calidad del racimo del plátano hartón (Musa AAB Simmonds) en el departamento de Córdoba. Tesis de maestría. Montería Córdoba.
2. JONES, D. R. 2000. Diseases of Banana, Abaca and Enset CABI, Willingford.
3. MARIN, D. y ROMERO, R. 1998. El Combate de la Sigatoka Negra. Boletín Nº 4, Departamento de investigaciones Agrícolas, Corporación Bananera Nacional, S.A., pp.
4. MOURICHON X., AND R. A. FULLERTON. 1990. Geographical Distribution of the two species *Mycosphaerella musicola* Leach (*Cercospora musae*) and *M. fijiensis* Morelet (*C. fijiensis*), Respectively Agents of Sigatoka Disease and Black Leaf Streak Disease and Bananas in Plantains. Fruits. 45: 213-218.
5. RAMIREZ GUSTAVO. 2004. Agricultura orgánica y Desarrollo Rural. Un Principio de Vida. Edición Nº 7. Valle, Colombia. 178p.
6. SECRETARIA DE AGRICULTURA Y DESARROLLO ECONOMICO DEL DEPARTAMENTO DE CORDOBA, 2002. Anuario Estadístico.
7. STOVER, R. H. 1980. Sigatoka leaf spots of bananas and plantain. Plant Disease 64: 750-755.

## USO DEL LOMBRICOMPOST EN COMBINACIÓN CON EL FERTILIZANTE QUÍMICO CONVENCIONAL EN EL CULTIVO DEL PLÁTANO “CURRARE GIGANTE” (*Musa AAB*)

### USE OF “WORM COMPOST” AS FERTILIZER SOURCE FOR THE PLANTAINS CROP “CURRARE GIGANTE” (*Musa AAB*)

Saúl Brenes Gamboa<sup>1</sup> & Luis Mora Alfaro<sup>2</sup>

#### RESUMEN

Se estudia el efecto del uso de diferentes proporciones de dosis de lombricompost alternado o mezclado con el fertilizante químico tradicional en el cultivo del plátano y la respuesta en las variables vegetativas y de producción, en un suelo pobre en cuanto a características químicas y materia orgánica y así tratar de obtener una recomendación adecuada en la proporción o dosis mínima del uso de abono orgánico para una producción satisfactoria y poder lograr un nicho del abono orgánico dentro del paquete tecnológico del cultivo del plátano. Con la información generada no se puede establecer una recomendación clara de la proporción entre abono orgánico (lombricompost) y el fertilizante químico, pero con estos resultados, se puede inferir que si es factible la disminución de fertilizante químico y suplementar con abono orgánico, para mantener los rendimientos con una fertilización híbrida en las explotaciones agrícolas.

#### SUMMARY

The aim of this work is to study the effect of the use of different notes of doses of ‘worm compost’ mined with a traditional fertilizer in the fanning of plantain and the answer to the production and vegetative variables, in a poor soil in regard to its chemical characteristics and organic materials, trying by this way to obtain of the right advice in the proportion and the minimum doses of the organic manure for a better production and also to rank the organic fertilizer inside a technological package in the plantain growing. With the information gathered, it is not possible to set a clear recommendation about the proportion between the ‘worm compost’ and the chemical fertilizer, but with the results, it can be reduce the amount of the chemical manure by adding the organic fertilizer, to maintain the advantages of a hybrid fertilization in agriculture exploitations

Keywords: fertilization, organic, chemical fertilization

#### INTRODUCCION

En Costa Rica, a pesar de que el plátano no se exporta en grandes cantidades, constituye una parte muy importante de la dieta. Engelman (1990) menciona que esta fruta se utiliza en diversas formas y es un alimento de gran popularidad; por ello se debe destacar la importancia de la producción ligada al manejo post cosecha y al mercadeo, para poder responder adecuadamente a las exigencias del comerciante y del consumidor en cantidad, calidad y costo.

Con una adecuada fertilización se podrá obtener los máximos rendimientos y calidad, las recomendaciones tradicionales de fertilización están enfocadas a fuentes químicas, como la roca fosfórica o el fosfato diamónico para suplir el fósforo, y urea, sulfato o nitrato de amonio para suplir el nitrógeno y casos similares para los demás elementos. En los últimos años se le ha dado una revalorización de la biología de los suelos como un componente importante en los sistemas de producción y se han utilizado prácticas de manejo a nivel de finca, además de la fertilización convencional, que permitan restablecer la vida del suelo; la adición de lombricompost es una de estas prácticas Ramírez *et al.* (1988).

En el presente trabajo, se consideró el lombricompost, el cual es el producto del compostaje de la materia orgánica que usualmente proviene de los desechos de las actividades agropecuarias del sistema finca por medio de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*). El lombricompost es un material que por sus altos contenidos de ácidos húmicos y fúlvicos mejora las características físicas y químicas del suelo, consecuentemente aumenta la fertilidad. Además, aporta suficiente materia orgánica, la cual ayuda a retener mejor el agua, también favorece el desarrollo de la actividad

<sup>1</sup> Universidad de Costa Rica, Sede del Atlántico, email [saul.brenes@guayabo.ucr.ac.cr](mailto:saul.brenes@guayabo.ucr.ac.cr)

<sup>2</sup> Universidad de Costa Rica, Sede del Atlántico, email [lemora@cariari.ucr.ac.cr](mailto:lemora@cariari.ucr.ac.cr)

microbiana y aporta diferentes hongos y bacterias benéficos Ruiz (2000); Vandevivere, P.; Ramírez, C. (1995).

Con este estudio, se espera poder contribuir definiendo mejor las variables de tecnología y administración que influyan positivamente en el sistema de producción. Debe considerarse además, que el ambiente en que se mueven los negocios, prevalece un énfasis en la competitividad en calidad, no solo en el mercado de exportación, sino también en el nacional.

El plátano crece en una gama amplia de suelos en las regiones tropicales, es un cultivo exigente en fertilidad y produce buenas cosechas solo en suelos con buenas condiciones. En la condición actual del productor nacional, el uso de insumos importados, como es el caso de los fertilizantes químicos, hace que su producción tenga altos costos fijos, lo que le resta competitividad en el ámbito de mercado. En vista de lo anterior, es inevitable considerar el uso de fertilizantes de origen orgánico como una alternativa económica. Aunado a lo anterior, es posible que el cultivo del plátano tenga que localizarse en suelos agotados o marginales, donde producto de las circunstancias mencionadas anteriormente, por años no han sido manejados adecuadamente.

El objetivo del presente trabajo es, valorar el lombricompost en diferentes proporciones como fuente de nutrientes y en suelos con baja fertilidad y su repercusión en la producción.

## METODOLOGÍA

La investigación se realizó en la Finca Agroecológica Modelo, de la Sede de la Universidad de Costa Rica en Turrialba, ubicada carretera a Atirro a 630 msnm, con una temperatura, precipitación y humedad relativa promedio de 22 C, 2860 mm 90%, respectivamente para el 2004 y de 22 C, 2860 mm 90%, hasta Oct 2005. La zona clasifica como bosque premontano húmedo (Holdridge, 1996). Según los análisis realizados de previo, el tipo de suelo tiene características muy pobres en cuanto a fertilidad y materia orgánica.

La variedad de plátano (*Musa AAB*) que se usó fue "Currare Gigante", de primera generación, sembrada en Noviembre del 2004, en una densidad de 1589 plantas /ha en un sistema de siembra de triángulo equilátero. La semilla proveniente de cormos de hijos de espada. El suelo es con textura arcilloso, pH 4.84 acidez extractable 2.15 cmol/L, contenido de bases de: Ca 5.7; Mg 1.99; K 0.13 cmol/L y una capacidad de intercambio catiónico efectiva de 9.97 cmol/L de acidez extraíble, previo a la siembra todos se trataron con Furadan 48 SC (carbofuran) y Vitavax. En el momento de la siembra, se aplicó a todas las semillas fertilizante 10-30-10 a razón de 30g/planta al fondo del hoyo.

El combate de la Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) se realizó en forma combinada mediante una deshoja fitosanitaria, cirugía y despunte quincenalmente y aplicaciones de un fungicida protector cada 4 semanas. El combate de malezas se efectuó mediante chapeas mensuales hasta los 6 meses. Posteriormente, se realizó el combate químico con la utilización de glifosato (Roundap 35.6 SL, 4.0 L de p.c. /ha). Durante el 2005 se realizaron dos aplicaciones de nematicida líquido Furadan. En el manejo de las frutas no se realizó desflora ni desmane y la remoción de la bellota (deschira) se realizó cuando los racimos tengan de tres a cuatro semanas de paridas.

## DISEÑO DEL ENSAYO

Se usó un diseño de bloques completos al azar con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones. La evaluación del desarrollo y producción de la planta se realizó en parcelas útiles de 25 plantas por tratamiento en cada repetición y se consideraron las siguientes variables:

Altura (m) del pseudotallo a la floración (desde el suelo a la base del raquis), número de semanas de siembra a floración, altura (m) del hijo de sucesión a momento de la floración de la madre, número de hojas a la parición, peso (kg) del fruto, número de manos por racimo, presencia de nematodos en la raíz.

Los resultados se analizaron mediante un análisis de varianza y las comparaciones entre tratamientos se analizaron con una prueba de T.

Cuadro 1. Descripción de los tratamientos y sus dosis respectivas en plátano (Musa AAB). Turrialba, 2005.

| Tratamiento | Descripción                                                                                                                                                        | Dosis / ha por año                               |
|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| 1           | El primer ciclo se aplican 60 g de fertilizante orgánico <sup>1</sup> , al siguiente mes se rota con 60 g de fertilizante químico <sup>2</sup> y así sucesivamente | 572 Kg/ha/ de orgánico +<br>572 kg/ha de químico |
| 2           | Dos ciclos seguidos con químico, se rota una vez con 60 g de orgánico y nuevamente dos ciclos seguidos de químico y así sucesivamente.                             | 381Kg/ha de orgánico +<br>762 kg/ha de químico   |
| 3           | Dos ciclos seguidos con orgánico, se rota una vez con 60 g de químico y nuevamente dos ciclos seguidos de orgánico y así sucesivamente.                            | 762 Kg/ha de orgánico +<br>381 kg/ha de químico  |
| 4           | Mezclado 30 g de químico + 30 g orgánico                                                                                                                           | 572 Kg/ha de orgánico +<br>572 kg/ha de químico  |

<sup>1</sup> es lombricompost a base de excremento de ganado vacuno (Agrilom®)

<sup>2</sup> es fertilizante formula completa 18-5-15-6-2. Todas las aplicaciones iniciaron un mes después de la siembra y continuaron mensualmente

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El peso de la fruta es una de las variables de respuesta más importantes en la determinación de las dosis o proporciones de abono orgánico dentro de un programa de fertilización, se muestra un mayor peso de fruta en el tratamiento 3 pero no es estadísticamente diferente (P 0.1312) de los demás tratamientos, en consecuencia al no haber diferencia entre ellos, presumiblemente con una proporción del doble de la dosis mas alta de lombricompost (trat 3) se obtiene un peso de fruta satisfactorio reduciendo en a la mitad la necesidad del fertilizante químico tradicional. Un resultado es el incremento en la eficiencia de del fertilizante químico al adicionar el abono orgánico al suelo ya que aumenta la retención de sales(Henry 1991). Es importante considerar que el suelo donde se realizó el ensayo es de características muy pobres en cuanto a fertilidad y limita poder arrojar una respuesta más contundente en cada tratamiento. Si comparamos los promedios (cuadro 2), reitero, el mayor peso de fruta se obtiene con el tratamiento 3, que consiste en 782 y 381 Kg/ha/año de lombricompost y químico respectivamente y no difiere significativamente con el tratamiento 2 que usa 381 kg de químico; si este resultado es estable, se puede presumir que es factible poder reducir a la mitad de las cantidades de químico y obtener un rendimiento similar con la adición del lombricompost.

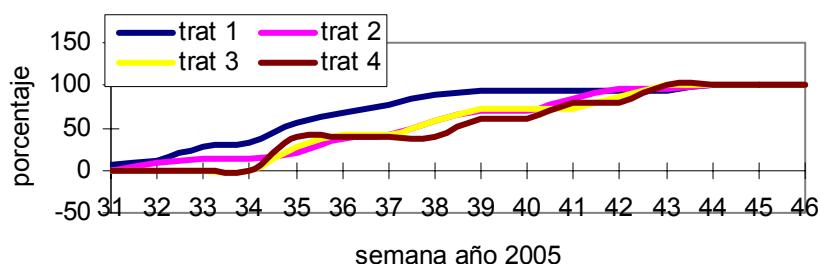
Cuadro 2. Resultados en la medición de peso de fruta y variables vegetativas en Plátano. FAM 2005.

| Tratamiento  | Peso de fruta (Kg) | Numero de dedos | Altura de planta (m) | Numero de hojas |
|--------------|--------------------|-----------------|----------------------|-----------------|
| 1            | 8.6 a              | 21 a            | 2.79                 | 7.95            |
| 2            | 9.1 a              | 23.5 a b        | 2.74                 | 7.25            |
| 3            | 10.3 a             | 25.6 b          | 2.79                 | 7.71            |
| 4            | 9.33 a             | 23.5 ab         | 2.81                 | 7.2             |
| Probabilidad | 0.1312             | 0.0555          | 0.5990               | 0.4532          |

El tratamiento con una dosis alternada mensualmente de químico y lombricompost se observo una diferencia en cuanto al número de dedos alcanzando una mayor cantidad cuando se aplico dos ciclos seguidos de orgánico (Trat 3), fue el mejor ya que incremento, en promedio mas de tres dedos por racimo. En la altura de la planta y numero de hojas no se observo diferencia significativa entre ninguno de los tratamientos, sin embargo es importante resaltar que en todas las parcelas se llego con una buena cantidad de hojas a la parición y es un indicador importante que con una buena nutrición y buenas características de suelo se puede alcanzar una fruta más grande y pesada.

En los tratamientos con diferentes proporciones de cada uno de los productos (2 y 3) no se observo diferencia en la curva de parición, pero si se deferencia el tratamiento uno, ya que el porcentaje de parición se adelanto en aproximadamente un 20% (Figura 1) esto podría asociarse con el menor peso de fruta, 8.6 kg, que al tener la planta un desarrollo mas pobre sea mas precoz en su ciclo siendo esta una característica negativa. Los abonos orgánicos tienen niveles bajos de nutrimentos pero también incorporan materia orgánica al suelo y las evaluaciones pueden realizarse a tres o mas años para ver si en efecto ocurre le cambio en los componentes del suelo según el abono orgánico que se utilizó (Ruiz y Garcés 2000).

Figura 1. Curva de parición de platano, bajo cuatro tratamientos de fertilización. FAM 2005.



En suelo donde se desarrollo el ensayo no se había cultivado anteriormente ninguna musácea, por ende no tenia una presión fuerte de inculo de nematodos, la semilla como ya se menciono fue tratada previamente con un nematicida y como se aprecia en el cuadro 3 no se tienen una población alta de nematodos en ninguno de los tratamientos exceptuando el 1 que proyecta un dato irregular con 58560 individuos de *Meloidogine* ( $J_2$ ) a nivel de la raíz.

Cuadro 3. Genero y cantidades de nematodos presentes en los tratamientos, ensayo de plátano FAM. 2005.

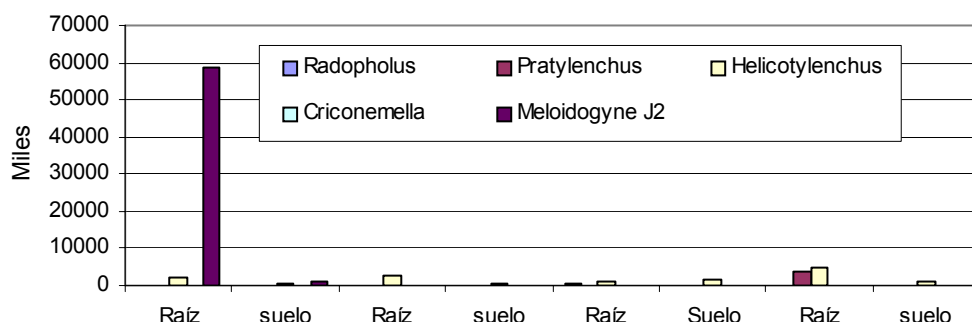
| Genero            | Tratamientos |       |      |       |      |       |      |       |
|-------------------|--------------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|
|                   | 1            |       | 2    |       | 3    |       | 4    |       |
|                   | Raíz         | Suelo | Raíz | suelo | Raíz | Suelo | Raíz | Suelo |
| Radopholus        |              |       |      |       | 800  | 24    | 240  | 16    |
| Pratylenchus      |              |       |      |       |      |       | 3840 | 8     |
| Helicotylenchus   | 2080         | 704   | 2960 | 504   | 1200 | 1440  | 4800 | 1240  |
| Criconebella      |              |       |      | 48    |      | 240   |      | 16    |
| Meloidogyne $J_2$ | 58560        | 912   | 160  | 80    | 160  |       |      |       |

Datos se expresan en términos de 100 cc de suelo o 100 g de raíces, según sea el caso. Laboratorio de nematología CIPROC-UCR.

Los nematodos son la más importante plaga a nivel de raíz a escala mundial, estos son parásitos de tamaño microscópico que al dañar la raíz, dañan los vasos por los que la planta extrae nutrientes del suelo, afectando seriamente el rendimiento, el anclaje, el desarrollo de los hijos y por ultimo lo que más nos afecta con una disminución drástica en la productividad; una planta atacada por altas infestaciones de nematodos, es débil, raquítica y susceptible al volcamiento.



Figura 2. Genero y cantidad de nematodos presentes, ensayo platano.  
FAM 2005



El genero *Meloidogyne* es uno de los mas importantes en el genero *Musa* en todas las áreas productoras del mundo (De Waele y Razak citados por Araya, 1994) cuando atacan las raíces, se observa un pobre crecimiento de las plantas y frutas pequeñas a causa de la infección de *M. Incógnita* en Malaysia. En el tratamiento 1 se presento la mayor población de individuos de este genero (figura 2), consecuentemente afectando su crecimiento y desarrollo.

## CONCLUSIONES

Ninguno de los tratamientos logro evidenciar diferencias en la cantidad de abono orgánico, pero no variaron significativamente el rendimiento con el fertilizante convencional. Con la información generada no se puede establecer una recomendación clara de la proporción entre abono orgánico (lombricompost) y el fertilizante químico. La capacidad de respuesta en la fertilidad de un suelo con la adición abonos orgánicos en suelo con poca fertilidad no es en el corto plazo. El ensayo debe validar en suelos con mejores características en cuánto a fertilidad para validar se mantiene la condición y poder atribuir a dosis bajas de fertilizante químico y la adición de lombricompost una producción similar a la de solo fertilizante químico.

## RECOMENDACIONES

Se deben evaluar los mismo parámetros a nivel de finca comercial y en un suelo con mejores características de fertilidad. Con estos resultados, se puede inferir que si es factible la disminución de fertilizante químico y suplementar con abono orgánico, para mantener los rendimientos con una fertilización híbrida en las explotaciones agrícolas. Evaluar a nivel de campo la mitad de la dosis recomendada para plátano según la fertilidad de suelo alternado con dosis crecientes de lombricompost.

## LITERATURA CONSULTADA

1. Moens, T Araya, M.: 2002. Efecto de *Radopholus similis*, *Meloidogyne incognita*, *Pratylenchus coffeae* y *Helicotylenchus multicinctus* en la producción de *Musa* AAA cv. Grande Naine. Corbana 28(55):43-56.
2. Engelman, E.V. 1990. Características fenológicas del plátano en diferentes sistemas de cultivo, en el Valle de Sixaola, CATIE, MAG. Costa Rica. 24 p.
3. Gasca Díaz, L. 1998. Guía para la producción de plátano de exportación. Colombia. Fundauniban. 63 p.
4. Henry, C.L. 1991. Review of composting literature. Technical Information on the use of organic materials as soil amendments: a literature review. Solid Waste Composting Council, Washington, DC. 67p.
5. HOLDRIEDGE, L. 1996. Ecología basada en zonas de vida. San José, C.R., IICA. P. 216.
6. Ramírez, G.; Rodríguez, J.C. 1988. Tecnología para la producción de plátano en Tabasco. Villahermosa, Tabasco. México. Inifap. 34 p.
7. Rosales, F.; L. Pocasangre. 2002. Oferta Tecnológica de banano y plátano para América Latina y el Caribe. Ed Diseño Creativo San José, C.R. Inibap. 103 p.
8. Rosero, A. 1987. Banano y Plátano Enfermedades y Plagas, Guía Práctica. Medellín, Col. Edinalco Ltda. 68 p.
9. Ruiz, V.E.; Garcés, P.N. 2000. Evaluación de algunos parámetros químicos – físicos de cinco tipos de vermicompost producidos en Cuba.
10. Soto Ballester, M. 1992. Banano cultivo y Comercialización 2ª. ed. San José, C. R.: Litografía e Imprenta Lil, S.A. 674 p.
11. Vandevivere, P Y; Ramírez, C. 1995. Control de calidad de abonos orgánicos por medio de bioensayos. In: García, J; Najera, J. Memoria Simposio Centroamericano de Agricultura Orgánica. UNED San José, CR. P 121-140.

**RIZOSFERA, NUTRIÇÃO, IRRIGAÇÃO  
RHYZOSPHERE, NUTRITION, IRRIGATION  
RIZOSFERA, NUTRICIÓN, RIEGO**

## EFEITO DA FERTIRRIGAÇÃO COM POTÁSSIO NA CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DE BANANA 'MAÇÃ'.

### EFFECTS OF FERTIRRIGATION WITH POTASSIUM IN THE POSHARVEST CONSERVATION OF BANANA 'MAÇÃ'.

Erval Rafael Damatto Junior<sup>1</sup>; Regina Marta Evangelista<sup>2</sup>; Everaldo Mariano Gomes<sup>3</sup>; Sarita Leonel<sup>4</sup> & Rogério Lopes Vieites<sup>2</sup>.

#### RESUMO

O presente trabalho objetivou avaliar a conservação pós-colheita de frutos de bananeira 'Maçã' (*Musa* spp. AAB) fertirrigadas com doses crescentes de potássio, armazenadas sob refrigeração. Foram empregados os seguintes tratamentos via fertirrigação: K0- controle (sem adubação com potássio); K1- 200g de K<sub>2</sub>O por planta; K2 - 400g de K<sub>2</sub>O por planta; K3 - 600g de K<sub>2</sub>O por planta; K4 - 800g de K<sub>2</sub>O por planta. Os frutos foram colhidos entre 122 a 131 dias após o florescimento, apresentando calibre 36 mm. Com os resultados encontrados durante o período de armazenamento dos frutos, observou-se redução na firmeza, nos valores de pH e nos teores de amido, além de aumentos na acidez, no teor de sólidos solúveis e nos açúcares redutores e totais dos frutos. Não houve aumento dos teores de potássio nos frutos utilizados neste experimento.

**Palavras Chave:** *Musa* spp., amido, açúcares, acidez

#### SUMMARY

This work aimed to evaluate the effects fertirrigation using increasing potassium rates in banana 'Maçã' (*Musa* spp. AAB) post harvest conservation, storied at  $14 \pm 1^\circ$  C and RU of  $70 \pm 2\%$ . It was employed the following fertirrigation treatments: K0- control (without potassium apply); K1- 200g of K<sub>2</sub>O per plant; K2 - 400g of K<sub>2</sub>O per plant; K3 - 600g of K<sub>2</sub>O per plant; K4 - 800g of K<sub>2</sub>O per plant. Fruits were harvest with 122 to 131 days after blooming with diameter of 36 mm. The obtained data, during fruit storage, showed reduction in fruits firmness, pH and starch contents and also it could be observed increases in the fruits acidity, soluble solids, total and reducing sugars during stored period. It was not observed potassium increases in fruits used in this experiment.

**Keywords:** *Musa* spp., starch, sugars, acidity

#### INTRODUÇÃO

A banana (*Musa* spp.) é uma das frutas mais consumidas no mundo, sendo cultivada na maioria dos países tropicais, e o Brasil ocupa a posição de segundo produtor mundial, com aproximadamente 11,2% deste total. Sua participação no mercado externo é muito reduzida, sendo 99,0% da produção destinada ao mercado interno com um consumo *per capita* anual de 40kg (FAO, 2004).

Com a maturação da banana, os teores de sólidos solúveis aumentam rapidamente, em decorrência da degradação de amido em açúcares solúveis. De modo geral, os sólidos solúveis aumentam até um máximo de 27%, tendo uma pequena diminuição quando a fruta já está muito madura, apresentado pintas pretas. A transformação de amido em açúcares é a alteração mais perceptível em relação à banana madura.

Segundo Rocha (1984), durante o amadurecimento ocorre a conversão do amido em glicose, frutose e sacarose. Também são observadas mudanças na acidez, sólidos solúveis e a transformação da protopectina (pectina insolúvel) em pectinas solúveis, resultando em modificações na firmeza do fruto. Os pesquisadores Agrawal et al. (1997), Naresh-Babu (1999), Hasam et al. (1999) e Suresh et al. (2002) observaram aumento nos teores de sólidos solúveis (SS), açúcares redutores, totais e vitamina C quando aplicaram diferentes dosagens de potássio em bananas de diferentes cultivares.

O potássio é o nutriente extraído em maior quantidade pela planta, sendo, portanto, considerado o elemento mais importante para a nutrição da bananeira, pois está presente em quantidade elevada tanto nas plantas como nos frutos. Corresponde aproximadamente a 62% do total de macronutrientes

<sup>1</sup> Eng. Agr. Doutorando da Faculdade de Ciências Agrônomicas - UNESP, Botucatu, São Paulo, Brasil. Bolsista Fapesp. E-mail: [ervaljr@fca.unesp.br](mailto:ervaljr@fca.unesp.br).

<sup>2</sup> Prof. Dr. do Departamento de Gestão e Tecnologia Agroindustrial - Faculdade de Ciências Agrônomicas - UNESP, Botucatu, São Paulo, Brasil.

<sup>3</sup> Prof. Dr. do Colégio Agro técnico Federal de Sousas, Paraíba, Brasil.

<sup>4</sup> Prof. Dr. do Departamento de Produção Vegetal - Faculdade de Ciências Agrônomicas - UNESP, Botucatu, São Paulo, Brasil.

e 41% de nutrientes na planta, além disso, mais de 35% desse total é exportado pelos frutos (Borges & Oliveira, 2000).

Dado seu enorme potencial, a bananicultura é motivo de interesse cada vez maior por parte dos pesquisadores, assim sendo, o presente trabalho objetivou avaliar a conservação pós-colheita de frutos de bananeira 'Maçã' fertirrigadas com doses crescentes de potássio, armazenadas sob refrigeração.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no pomar do Departamento de Produção Vegetal - Horticultura, da Faculdade de Ciências Agronômicas - UNESP, Campus de Botucatu-SP. O município apresenta as seguintes coordenadas geográficas: Latitude 22° 52' 55" Sul, Longitude 48° 26' 22" Oeste e altitude 786 m, com clima temperado quente (mesotérmico) com chuvas no verão e seca no inverno (Cwa - Koppen), e a temperatura média mais quente superior a 22°C (Cunha et al., 1999). O solo da área foi classificado como Nitossolo Vermelho (Embrapa, 1999) e apresentava as seguintes características, na camada de 0 a 20cm: pH (CaCl<sub>2</sub>) = 4,6; MO = 24 g dm<sup>-3</sup>; P (resina) = 18 mg dm<sup>-3</sup>; H + Al = 50 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; K = 5,2 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Ca = 24 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Mg = 9 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; SB = 38 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; CTC = 88 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> e V = 44%.

A aplicação da fertirrigação com doses de potássio na área experimental teve início quando o bananal estava com 180 dias (setembro/2002), coincidindo com o momento de elevada necessidade de potássio, até fevereiro de 2003, com frequência semanal. Assim sendo foram empregados os seguintes tratamentos: K0 - controle (sem adubação com potássio); K1- 200g de K<sub>2</sub>O por planta; K2 - 400g de K<sub>2</sub>O por planta; K3 - 600g de K<sub>2</sub>O por planta; K4 - 800g de K<sub>2</sub>O por planta.

Os frutos foram colhidos entre 122 a 131 dias após o florescimento, apresentando calibre 36 mm, em seguida foram selecionados e armazenados a temperatura de 14 ± 1° C e UR de 70 ± 2% por 20 dias. Utilizou-se no experimento a segunda, terceira e quarta pencas do cacho, obtidos da planta mãe das quais realizaram-se as análises de textura, pH, acidez, SS, açúcares redutores, totais, amido e relação polpa/casca, a cada quatro dias. O peso, comprimento e diâmetro médios dos frutos da segunda penca, bem como a análise dos teores de potássio nos frutos foram realizados somente no dia da colheita.

O delineamento estatístico empregado foi inteiramente casualizado, com 5 tratamentos, 5 repetições e 3 frutos por parcela. Os tratamentos que corresponderam às dosagens de potássio aplicadas via fertirrigação, tiveram seus efeitos avaliados pelo teste de comparação de médias de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram observadas diferenças significativas para as determinações de textura, pH, acidez, sólidos solúveis, açúcares redutores e totais e amido somente em alguns dias, durante o período de armazenamento entre as doses empregadas, porém, geralmente, não diferindo do tratamento controle (Tabela 1). Agrawal et al. (1997), Naresh-Babu (1999), Hasam et al. (1999) e Suresh et al. (2002) observaram que houve um aumento nos teores de SS, açúcares redutores, totais e vitamina C quando utilizaram potássio em diferentes concentrações em bananas de diversos cultivares, fato este que difere do observado neste trabalho, onde não foi verificado que aumentos nas doses de potássio aplicadas via fertirrigação, causassem incrementos nos valores acima descritos.

Como pode ser observado na Tabela 1, após o 8º dia de armazenamento a textura dos frutos começou a diminuir e ao longo desse período de armazenamento também foram verificadas diminuições nos valores de pH e nos teores de amido. Observou-se também aumento nos teores de acidez, de sólidos solúveis (SS), de açúcares redutores e totais e relação polpa/casca, semelhante ao descrito por Rocha (1984) para bananas durante o amadurecimento.

A banana verde contém alto teor de amido, que se situa em torno de 20%, que durante a maturação se converte em açúcares, com predominância dos redutores (glicose e frutose), encontrados na proporção de 8 a 10% da polpa. A concentração de amido na banana completamente madura é muito baixa, situando-se em torno de 0,5 a 2,0% (Bleinroth, 1995). Os teores de amido dos frutos, no início do armazenamento, encontravam-se em torno de 22%, apresentando diminuição durante esse período, chegando a 15,69% no 20º dia, porém, esse valor é superior aos encontrados para banana madura mantida em temperatura ambiente. Verifica-se então que o armazenamento refrigerado teve efeito positivo na manutenção dos teores de amido dos frutos.

Tabela 1. Valores médios obtidos para as determinações de firmeza, pH, acidez, sólidos solúveis, açúcares redutores, açúcares totais, amido e relação polpa/casca de frutos de banana 'Maçã' fertirrigadas com potássio e armazenados em ambiente refrigerado ( $14 \pm 1^\circ \text{C}$ ) e UR de  $70 \pm 2\%$ .

| Variáveis                         | Tratamentos | Tempo de armazenamento (dia) |           |           |           |           |           |
|-----------------------------------|-------------|------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|                                   |             | 0                            | 4         | 8         | 12        | 16        | 20        |
| Textura<br>(gf)                   | K0          | 933,84 a                     | 932,28 b  | 996,22 a  | 961,89 a  | 755,00 a  | 683,83 ab |
|                                   | K1          | 968,96 a                     | 990,61 a  | 996,67 a  | 973,06 a  | 1003,06 a | 1000,61 a |
|                                   | K2          | 997,22 a                     | 992,67 a  | 1011,11 a | 1010,72 a | 1002,69 a | 815,72 ab |
|                                   | K3          | 962,26 a                     | 998,44 a  | 990,45 a  | 1011,17 a | 854,58 a  | 360,94 ab |
|                                   | K4          | 974,95 a                     | 1021,17 a | 1015,50 a | 960,67 a  | 555,72 a  | 179,83 b  |
|                                   | Média       | 967,44                       | 987,03    | 1001,99   | 983,50    | 826,21    | 599,19    |
|                                   | C.V. (%)    | 5,16                         | 2,14      | 1,92      | 3,42      | 34,06     | 40,51     |
| pH                                | K0          | 5,49 b                       | 5,93 a    | 5,78 a    | 5,74 a    | 5,24 a    | 5,04 ab   |
|                                   | K1          | 5,99 b                       | 5,87 a    | 5,67 a    | 5,87 a    | 5,57 a    | 5,65 a    |
|                                   | K2          | 6,06 a                       | 5,81 a    | 5,65 a    | 5,77 a    | 5,76 a    | 5,39 ab   |
|                                   | K3          | 5,98 b                       | 5,87 a    | 5,64 a    | 5,81 a    | 5,44 a    | 4,71 ab   |
|                                   | K4          | 6,02 ab                      | 5,94 a    | 5,71 a    | 5,68 a    | 4,97 a    | 4,53 b    |
|                                   | Média       | 6,01                         | 5,88      | 5,69      | 5,78      | 5,40      | 5,07      |
|                                   | C.V. (%)    | 0,32                         | 0,90      | 1,99      | 1,94      | 7,31      | 6,94      |
| Acidez<br>(g 100g <sup>-1</sup> ) | K0          | 0,18 a                       | 0,16 a    | 0,21 a    | 0,18 a    | 0,35 a    | 0,37 a    |
|                                   | K1          | 0,15 b                       | 0,15 a    | 0,19 a    | 0,16 a    | 0,20 a    | 0,20 a    |
|                                   | K2          | 0,13 b                       | 0,16 a    | 0,19 a    | 0,18 a    | 0,22 a    | 0,27 a    |
|                                   | K3          | 0,13 b                       | 0,13 a    | 0,17 a    | 0,15 a    | 0,21 a    | 0,39 a    |
|                                   | K4          | 0,13 b                       | 0,16 a    | 0,17 a    | 0,17 a    | 0,32 a    | 0,43 a    |
|                                   | Média       | 0,15                         | 0,15      | 0,19      | 0,17      | 0,26      | 0,33      |
|                                   | C.V. (%)    | 7,57                         | 18,85     | 25,38     | 11,74     | 56,81     | 33,79     |
| SS<br>(° Brix)                    | K0          | 8,57 a                       | 5,83 a    | 6,77 a    | 8,67 a    | 13,43 a   | 16,37 ab  |
|                                   | K1          | 6,43 ab                      | 8,20 a    | 9,10 a    | 10,13 a   | 13,67 a   | 11,00 a   |
|                                   | K2          | 7,43 ab                      | 9,27 a    | 10,20 a   | 10,83 a   | 12,57 a   | 15,30 ab  |
|                                   | K3          | 5,63 b                       | 6,67 a    | 9,60 a    | 7,73 a    | 13,04 a   | 20,97 ab  |
|                                   | K4          | 8,06 ab                      | 6,97 a    | 8,77 a    | 9,10 a    | 18,70 a   | 24,43 a   |
|                                   | Média       | 7,23                         | 7,39      | 8,89      | 9,29      | 14,28     | 17,61     |
|                                   | C.V. (%)    | 13,01                        | 21,21     | 27,55     | 14,37     | 34,06     | 23,55     |
| Açúcares<br>Redutores<br>(%)      | K0          | 2,26 a                       | 2,32 a    | 5,05 ab   | 6,73 a    | 7,22 ab   | 6,99 a    |
|                                   | K1          | 2,43 a                       | 3,57 a    | 3,88 b    | 5,07 a    | 4,45 b    | 5,63 a    |
|                                   | K2          | 1,77 a                       | 2,44 a    | 4,78 ab   | 4,51 a    | 4,38 b    | 7,63 a    |
|                                   | K3          | 2,42 a                       | 2,52 a    | 5,88 a    | 5,58 a    | 5,68 ab   | 8,92 a    |
|                                   | K4          | 2,31 a                       | 3,41 a    | 5,88 a    | 6,00 a    | 8,27 a    | 10,29 a   |
|                                   | Média       | 2,24                         | 2,85      | 5,09      | 5,58      | 6,00      | 7,89      |
|                                   | C.V. (%)    | 25,62                        | 51,40     | 14,23     | 19,84     | 17,86     | 23,98     |
| Açúcares<br>Totais<br>(%)         | K0          | 3,10 a                       | 3,23 a    | 6,02 ab   | 8,77 a    | 10,31 a   | 9,38 a    |
|                                   | K1          | 3,21 a                       | 4,54 a    | 5,01 b    | 6,23 a    | 5,67 b    | 7,94 a    |
|                                   | K2          | 2,40 a                       | 3,46 a    | 5,95 ab   | 6,47 a    | 5,65 b    | 10,56 a   |
|                                   | K3          | 3,19 a                       | 3,47 a    | 7,08 a    | 6,96 a    | 7,30 ab   | 11,59 a   |
|                                   | K4          | 3,13 a                       | 4,37 a    | 7,29 a    | 7,20 a    | 10,74 a   | 12,95 a   |
|                                   | Média       | 3,01                         | 3,81      | 6,27      | 7,13      | 7,93      | 10,48     |
|                                   | C.V. (%)    | 19,19                        | 44,57     | 11,30     | 16,58     | 16,80     | 20,96     |
| Amido<br>(%)                      | K0          | 22,31 a                      | 22,61 a   | 20,38 ab  | 17,07 a   | 14,94 b   | 16,53 ab  |
|                                   | K1          | 21,58 a                      | 21,27 a   | 20,90 a   | 19,65 a   | 20,28 a   | 18,92 a   |
|                                   | K2          | 22,50 a                      | 22,62 a   | 19,19 ab  | 19,24 a   | 19,54 a   | 15,26 ab  |
|                                   | K3          | 21,84 a                      | 22,51 a   | 18,61 b   | 18,18 a   | 18,48 ab  | 14,43 ab  |
|                                   | K4          | 21,97 a                      | 21,56 a   | 18,52 b   | 18,65 a   | 15,12 b   | 13,31 b   |
|                                   | Média       | 22,04                        | 22,12     | 19,52     | 18,68     | 17,67     | 15,69     |
|                                   | C.V. (%)    | 20,8                         | 6,86      | 3,91      | 6,09      | 7,48      | 12,80     |
| Relação<br>Polpa/casca            | K0          | 1,48 a                       | 1,71 a    | 1,70 a    | 1,84 a    | 1,92 a    | 2,11 a    |
|                                   | K1          | 1,48 a                       | 1,55 a    | 1,56 a    | 1,72 a    | 1,92 a    | 1,93 a    |
|                                   | K2          | 1,53 a                       | 1,57 a    | 1,74 a    | 1,74 a    | 1,77 a    | 1,92 a    |
|                                   | K3          | 1,41 a                       | 1,51 a    | 1,57 a    | 1,69 a    | 1,77 a    | 1,90 a    |
|                                   | K4          | 1,37 a                       | 1,43 a    | 1,66 a    | 1,69 a    | 2,00 a    | 2,51 a    |
|                                   | Média       | 1,45                         | 1,55      | 1,64      | 1,74      | 1,88      | 2,07      |
|                                   | C.V. (%)    | 11,06                        | 12,16     | 10,04     | 13,69     | 14,13     | 17,22     |

Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Pela análise de variância, para os valores de comprimento e diâmetro de frutos da segunda penca, verificou-se que houve resultados significativos a 5% de probabilidade em relação à testemunha (sem aplicação de K). Verifica-se pela Tabela 2 que com o incremento das doses de potássio, essas duas características avaliadas tiveram seus valores aumentados atingindo seus valores máximos com as maiores doses de K aplicada.



Entretanto, o peso dos frutos não mostrou resposta às doses de K aplicadas, apresentando peso médio de 88,9 g (Tabela 2).

Tabela 2. Valores médios de comprimento, diâmetro, peso e teor de potássio de frutos de banana 'Maçã' fertirrigadas com potássio e armazenados em ambiente refrigerado ( $14 \pm 1^\circ \text{C}$ ) e UR de  $70 \pm 2\%$ .

| Tratamentos | Comprimento de frutos (cm) | Diâmetro de frutos (mm) | Peso de frutos (g) | Teor de potássio ( $\text{g kg}^{-1}$ ) |
|-------------|----------------------------|-------------------------|--------------------|-----------------------------------------|
| K0          | 10,7 a                     | 32,1 a                  | 84,5 a             | 9,6 a                                   |
| K1          | 11,6 ab                    | 32,1 a                  | 83,0 a             | 10,0 a                                  |
| K2          | 12,4 bc                    | 35,0 ab                 | 92,5 a             | 9,8 a                                   |
| K3          | 13,4 c                     | 34,8 ab                 | 91,8 a             | 10,4 a                                  |
| K4          | 12,8 c                     | 35,6 b                  | 92,8 a             | 10,4 a                                  |
| Média       | 12,2                       | 33,9                    | 88,9               | 10,04                                   |
| C.V. (%)    | 4,7                        | 5,0                     | 7,9                | 6,45                                    |

Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A avaliação no teor de potássio dos frutos foi realizada somente no dia de colheita e não foi observado aumento nesses teores em função das doses aplicadas, apresentando como média  $10,04 \text{ g kg}^{-1}$  (Tabela 2). Tal fato possivelmente possa ser explicado pelo sistema de condução adotado para a cultura da bananeira, com três plantas por família (mãe, filha e neta). A adubação potássica foi direcionada para a planta mãe, porém não foi verificado o aumento do teor desse elemento nos frutos dessa planta. O mesmo pode ter sido absorvido pela planta filha. Gomes (1988) estudando absorção de nutrientes pela bananeira 'Prata' constatou que, a planta filha absorveu o quádruplo de potássio, em relação a planta matriz, num período de trezentos dias, o que caracteriza uma elevada necessidade de potássio para o melhor desenvolvimento da planta filha.

## CONCLUSÃO

1 - Durante o período de armazenamento dos frutos, observou-se redução na firmeza, nos valores de pH e nos teores de amido, além de aumentos na acidez, no teor de sólidos solúveis e nos açúcares redutores e totais dos frutos.

2 - Não foi observada influência das diferentes doses de potássio nos teores de sólidos solúveis, açúcares redutores e totais, como também não houve aumento dos teores de potássio nos frutos utilizados neste experimento.

## BIBLIOGRAFIA

1. AGRAWAL, S.; PANDEY, S.D.; TIWARI, B.L. 1997. Studies on the effect of high status of nitrogen and potassium on qualitative characters on in vitro banana fruit cv. Robusta. *Orissa Journal Horticulture*, India, v.25, n.1, p.67-72.
2. BLEINROTH, E.W. 1995. Matéria-prima. In: MEDINA, J.C. et al. *Banana: cultura, matéria-prima, processamento e aspectos econômicos*. 2ed. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos, p.133-196. (Série Frutas Tropicais, nº3).
3. BORGES, A.L.; OLIVEIRA, A.M.G. 2000. Nutrição Calagem e Adubação. In: CORDEIRO, Z.J.M. *Banana. Produção: aspectos técnicos*. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, p.47-59. (Frutas do Brasil; 1).
4. CUNHA, A.R.; KLOSOWSKI, E.S.; GALVANI, E.; SCOBEDO, J.F.; MARTINS, D. Classificação climática para o município de Botucatu-SP, segundo Koppen. In: SIMPÓSIO EM ENERGIA NA AGRICULTURA, 1., 1999, Botucatu. Anais... Botucatu: Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, 1999. p.487-491.
5. EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 1999. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Rio de Janeiro: EMBRAPA/SOLOS, 412p.
6. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. 2004. Disponível em <http://apps.fao.org>. Acesso em 8 de out. 2004.
7. GOMES, J.A. 1988. Absorção de nutrientes pela bananeira cultivar Prata (*Musa AAB*, subgrupo Prata) em diferentes estádios de desenvolvimento. 98p. Tese (Doutorado em Agronomia- Solos e Nutrição de Plantas), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz/USP.
8. HASAN, M.A.; DAS, B.C.; SONALI-BHATTACHARYA; SURESH, C.P. 1999. Potash fertilization for maximum yield and quality of Cavendish banana (*Musa AAA*). *Environment and Ecology*, India, v.17, n.3, p. 545.
9. NARESH-BABU. 1999. Response of different levels on nitrogen and potassium on chemical-characteristics of banana (*Musa paradisiacal L.*) fruits. *Bioved*, India, v.10, n. 1/2, p. 39-42.
10. ROCHA, J.L.V. 1984. Fisiologia pós-colheita de bananas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE BANANICULTURA, 1.; 1984, Jaboticabal. Anais... Jaboticabal: FCAVJ, p. 353-367.
11. SURESH, C.P.; HASAN, M.A. 2002. Fruit quality of Dwarf Cavendish banana (*Musa AAA*) as influenced by nitrogen and potassium nutrition. *Research on Crops*, India, v.3, n.2, p.398-402.

## THE USE OF SECONDARY TREATED EFFLUENT FOR BANANA IRRIGATION IN THE JORDAN VALLEY, ISRAEL

### EL USO DE EFLUENTES SECUNDARIOS PARA EL RIEGO DEL BANANO EN EL VALLE DEL JORDAN, ISRAEL

Yair Israeli<sup>1</sup>, Nurit Ben Hagai<sup>2</sup> and Yuval Levy<sup>3</sup>

#### ABSTRACT

The effect of irrigating banana in the Jordan Valley, Israel, with secondary treated effluent (TE) was tested over 4 years. Grand Nain (AAA) banana plantation equipped with drip system was irrigated with treated effluent (TE) and Lake of Galilee fresh water (FW) in two quantities: regular commercial quantity (100%) and increased quantity (125%). TE was slightly higher than FW in EC, about 15 folds higher in total N and P and 3 to 4 folds higher in K, B and HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>. The TE supplied annually about 850 kg K, 120 kg P and 460 kg N per ha, well above the banana nutritional needs. TE caused minor changes in the soil and plants tissue composition of which increase in soil N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> and B, and increase in leaf P and Mn were the most pronounced. The banana produced high yield of more than 82 ton/ha/yr and 34.1-34.5 kg bunch weight. No significant differences between treatments were noted. Soil water spatial distribution was negatively affected by TE reducing the size of the wetted soil "bulb". Increased irrigation did not have any positive effect.

Keywords: water use, drip irrigation system, productivity

#### RESUMEN

Los efectos de efluentes doblemente tratados (ET) para la irrigación del banano en el Valle del Jordán fueron estudiados durante 4 años. A una plantación de Gran Enano (AAA) irrigada por goteo se aplicaron dos tipos de agua: aguas frescas (AF) del Lago de la Galilea y ET, en dos raciones: la ración comercial (100%) y una ración incrementada (125%). La CE del ET fue levemente mas alta comparada con la del AF. ET proveyeron 15 veces el contenido de N y P y entre 3 y 4 veces el contenido de K, B y HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> comparado con la del AF. Las ET proveyeron 850 kg de K, 120 kg de P y 460 kg de N por ha/año, cantidades que exceden los requerimientos de la banana. Las ET inducen un leve incremento del contenido del N-NO<sub>3</sub> y el B en el suelo y del P y el Mn en la hoja. El rendimiento fue alto: 82 toneladas de banana por hectárea por año y el peso de los racimos fluctuó entre 34.1 y 34.5 kg sin diferencias significativas entre los tratamientos. La distribución del agua en el suelo fue influida en forma negativa disminuyendo el tamaño del "bulbo de irrigación" en el tratamiento de las ET. Las raciones suplementarias no trajeron respuestas positivas.

#### INTRODUCTION

Due to long term deficit in rainfall reception and increased urban and industrial water consumption, agriculture in Israel is gradually shifting to use treated effluent (TE). About one third of the Israeli bananas are produced in the Jordan Valley, near the lake of Galilee, 200 m below the sea level. The banana water consumption in this dry and hot region is high, 2000-2200 mm/yr and replacing the FW with TE is of high priority. The main constraint regarding the use of secondary TE relate to its mineral and organic molecules content, it's potential salinity hazard, the presence of toxic elements and the possible negative effect of the residual organic solids and/or detergents on soil water distribution. Bananas are already irrigated with TE in other parts of Israel, where climatic stress is much reduced, water consumption is lower and TE quality is better<sup>2</sup>. TE is also used for banana irrigation in Australia<sup>1</sup> and the Canary Islands<sup>3</sup>.

The objectives of the study were therefore (1) to determine the effect of irrigating banana with TE on the soil, the mineral content of the plants and the growth and production of the plantation (2) to highlight the effect of specific potentially toxic ions and (3) to verify whether increased water application may compensate for lower water quality by increased leaching.

<sup>1</sup> Jordan Valley Banana Exp. Sta., Zemach 15132,

<sup>2</sup>Ministry of Agric. Field Service, Zemach 15132,

<sup>3</sup>Ministry of Agric. Extension Service, Zemach 15132

## MATERIALS AND METHODS

Grand Nain (AAA) tissue culture banana plants were planted in a plantation situated on the North-West side of the Lake of Galilee about 1 km from the water line, 32.8°N, 35.5°E, 200m below sea level. The soil was brown alluvial grumusol, with medium to heavy texture (43% clay, 53% silt and 4% sand) but with aggregated, well aerated and easily drained structure. It had high CEC (35 cmol(+)kg<sup>-1</sup>) and was rich in Ca, Mg and K. The soil pH was 7.5 to 8.0 and it was free of alkalinity and salinity. The bananas were planted at 3x3m distances, alternating 2 to 3 plants per mat, with a total population of 2777 plants/ha. Each experimental plot included two lines of 9 mats each, altogether 54 data plant surrounded border plants on all sides. The bananas were irrigated with drip system, two laterals per row (3.5 L/h drippers discharge, 60 cm spacing).

Two water sources were compared: secondary treated effluent supplied by a nearby municipal wastewater reclamation plant and fresh water pumped from the Lake of Galilee. Every type of water was applied in two irrigation quantities: the regular commercial quantity of about 2260 mm/yr plus 431 mm/yr of rainfall (100%) and 25% increased quantity. Each of the 4 treatments was replicated 4 times in a complete randomized block design. Changes in the composition of the irrigation water, of the soil and of the plant tissue were frequently monitored during the experiment. TE was sampled during the growth season on a monthly basis and tested for Biological Oxygen Demand (BOD), for Total Suspended Solids (TSS) and for chemical composition. FW was sampled once a year only, since its composition is quite stable. Full records of the plantation growth and production were taken. Statistical analyses were performed using the GLM procedure of SAS.

## RESULT AND DISCUSSION

### Irrigation water composition:

BOD of the TE was mostly in the range of 23-24 Mg/L O<sub>2</sub> and the TSS was 41-54 Mg/L, both within the acceptable official standards. Most important differences between TE and FW were higher EC of the TE (1.4 compared to 1.1 dS/m), higher K (36.7 compared to 7.8 Mg/L), higher HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> (586 compared to 146 Mg/L), higher total N (29.0 compared to 1.7 mg/L), higher total P (8.5 compared to 0.4 mg/L) and higher B (0.33 compared to 0.12 mg/L). Levels of pH, Na, Ca, Mg and SAR were quite similar, while Cl was lower in TE (163 compared to 238 Mg/L). Data presented are averages for the many samples taken during the 4 years. Boron concentration in TE started high in the 1st year of the experiment, 0.75 mg/L, and was reduced to 0.12 mg/L on the last year. This is explained mainly by the shift to use of boron low content products, especially in cleaning powders used by the urban population.

### Nutrients supplied with TE

TE supplied average annual amount of 850 kg/ha K, 120 kg/ha P and 460 kg/ha N, much more than the normal recommended fertilizer rates of 250 kg/ha K, 30 kg/ha P and 350 kg/ha N that were applied with the FW. No negative effect of this excess was noted but long term N excess may contribute to underground water contamination and P excess in the soil may react with other nutrients and disturb their availability. The above mentioned quantity of nutrients supplied with the TE relate to the regular irrigation water quantity. With the 125% quantity the nutrients supplied increased proportionally.

### The effect on the soil composition

In our study TE irrigation did not result in increased soil salinity, but did increase significantly soil N-NO<sub>3</sub> content (26.3 mg/kg compared to 11.1), B content (0.15 mg/kg compared to 0.085) and P content (56 mg/kg compared to 46). Soil irrigated with FW was significantly higher in Cl (251mg/kg compared to 158), in Na (119 mg/kg compared to 105) and in EC (1.86 dS/m compared 1.57).

### The effect on the Soil moisture spatial distribution

Irrigating banana with TE decreased to some extent the radial horizontal movement of the water in the soil and caused reduced diameter of the "wetted bulb". This effect is typical to TE with significant organic material content.

### The effect on the banana leaf mineral content

TE resulted in higher P, Ca, Mg and Mn and lower Cl in the leaf lamina, in correlation with the level in the irrigation water.

### **The effect on the banana growth and production**

The experimental plantation produced high yield (above 82 ton/ha) with reasonable bunch weight (34.1-34.5 kg) and good finger size (145-146 g). Irrigation with TE had just one minor negative effect on production: finger length was reduced from 205 mm to 202 mm ( $P=0.0002$ ). All other growth and production parameters were not affected. Increased amount of water in 25% did not have any effect.

### **Toxicity effects**

No toxic effects of B or P were observed during the experiment, although long term effect might still occur in the future.

### **CONCLUSIONS**

- A. Banana plantation may be successfully irrigated with TE of acceptable quality.
- B. Under the specific conditions of this study additional leaching was not needed.
- C. TE may supply all the nutrients necessary for the annual production of more than 80 ton banana per ha. However, TE should be periodically sampled and analyzed in order to monitor nutrients content.
- D. Long term monitoring of soil and tissue composition should be performed especially with regard to levels of boron, phosphorus and nitrogen as well as salinity hazard.
- E. The long term effect of TE on the soil should be further studied.
- F. The effect of TE on the environment, especially with regard to excess of P and N, should be also periodically monitored.

### **REFERENCES**

1. Johns, G.G. and McConchie, D.M. 1994. Aust. J. Agric. Res., 45(7):1601-1617.
2. Lahav et al. 2001. Alon Hanotea, 55(1): 86-95 (In Hebrew, with English summary).
3. Palacios, M.P. et al. 2000. Transactions of the ASAE, 43(2):309-314

## ADAPTABILITE DU BANANIER PLANTAIN (*Musa paradisiaca*) AUX CONDITIONS PEDO-CLIMATIQUES DE KATIBOUGOU, MALI

### ADAPTATION OF *Musa paradisiaca* TO SOIL AND CLIMATIC CONDITIONS IN KATIBOUGOU, MALI

Abdoulaye Sidibe<sup>1</sup>; Faustin Ontsougou<sup>2</sup>; Bakary M. Traore<sup>3</sup>; Sériba Keita<sup>4</sup> & Nadou Paul Sanogo<sup>5</sup>

#### SUMMARY

The banana tree plantain is one of the least cultivated fruits in Mali. Malian production of banana amounts to 60 000 tons in year 2004. A meeting between some existing producers took place on December 6, 7 and 8, 2004 at Sélingué, to debate about production constraints. Among the evoked difficulties there is the lack of high yielding varieties (Chambon C., Smith A., 2005).

The study conducted in 2004-2005 had for objectives:

- to evaluate the behaviour of the different varieties of plantains in the agro-climatic conditions of Katibougou,
- to identify the best variety of the agronomic view point.

Planting material used for the tentative survey was composed of three varieties imported from Gabon (red Ebang, green Ebang, lucid French). The variables observed and measured were object of variance analysis (number of functional leaves, size of the plantation, circumference as from 1 meter of the soil (cm), the number of days from plantation to flowering, the number of days from plantation to harvesting, the average weight of the regime, the average number of hands by regime, the average weight of a hand, the average number of fingers by hand, the average weight of a finger. It results that the variety French Clair adjusts best with an average production of 21,400 tons per hectare, green Ebang comes in second position with an average production of 13,700 tons per hectare and red Ebang was the least productive compared to the two first, with an average production of 11, 050 tons per hectare.

Keywords: cultivars evaluation, productivity, phenology

#### INTRODUCTION

Le secteur agro-pastoral occupe une place importante dans l'économie malienne. Non seulement il participe à hauteur de 48% du produit intérieur brut (PIB), mais aussi il contribue pour près de 75% aux exportations et assure le revenu de près de 80% de la population ([www.lzf.net](http://www.lzf.net)) nationale. Au cours des dix dernières années, le secteur rural au Mali a été profondément restructuré, l'objectif visé étant de le libéraliser, de redresser certaines filières (coton et riz) et d'en promouvoir de nouvelles : fruits et légumes ([www.lzf.net](http://www.lzf.net)). Depuis quelques années, l'autosuffisance alimentaire est devenue pour les pays africains en général, et pour le Mali en particulier un objectif primordial dans sa politique de développement. Les céréales (sorgho, mil, riz, maïs...) constituent la base de l'alimentation des populations. L'accroissement des disponibilités alimentaires implique non seulement une augmentation de la productivité des exploitations, mais aussi une diversification des produits agricoles tel que la banane plantain.

La production malienne de bananes était estimée en 2004 à quelques 60 000 tonnes pour une demande trois fois plus élevée ([www.hubrural.org/fr/index.php](http://www.hubrural.org/fr/index.php)). La culture bananière est pratiquée essentiellement autour des cases ou sur de petites superficies par quelques paysans. Les parcelles cultivées donnent généralement un rendement très faible à l'hectare. Au vu de ce qui précède, le

<sup>1</sup> Enseignant-chercheur à l'Institut Polytechnique Rural de Formation et de Recherche Appliquée (IPR/IFRA) de Katibougou, B.p. : 06, Koulikoro, Mali ; adresse de messagerie électronique: [abdoulayesidibe@yahoo.fr](mailto:abdoulayesidibe@yahoo.fr)

<sup>2</sup> Chercheur ; Direction Générale de l'Agriculture de l'Elevage et du Développement Rural (DG / MAEDR), Gabon (Adresse permanente); adresse de messagerie électronique : [ontsougouf@yahoo.fr](mailto:ontsougouf@yahoo.fr)

<sup>3</sup> Enseignant-chercheur ; Institut Polytechnique Rural de Formation et de Recherche Appliquée (IPR/IFRA) de Katibougou, B.p. : 06, Koulikoro ; adresse de messagerie électronique : [bmtraore2@yahoo.fr](mailto:bmtraore2@yahoo.fr)

<sup>4</sup> Enseignant-chercheur à l'Institut Polytechnique Rural de Formation et de Recherche Appliquée (IPR/IFRA) de Katibougou, B.p. : 06, Koulikoro, Mali.

<sup>5</sup> Enseignant-chercheur à l'Institut Polytechnique Rural de Formation et de Recherche Appliquée (IPR/IFRA) de Katibougou, B.p. : 06, Koulikoro, Mali ; adresse de messagerie électronique: [nadou54@yahoo.fr](mailto:nadou54@yahoo.fr)



besoin s'impose d'entreprendre des actions pour assurer le développement de la culture des bananiers et bananiers plantains au Mali. Ceci nécessite fort logiquement l'introduction de variétés à rendement élevé, et adaptées aux conditions agro-climatiques. Ainsi, une évaluation systématique de leur croissance, de leur développement et de leur production s'impose car, l'absence de ce type de données limite leur potentiel d'utilisation en tant qu'alternative dans les plantations paysannes.

L'objectif du travail présenté ici a été d'évaluer le comportement agronomique des bananiers plantains Ebang rouge, French Clair, Ebang vert dans les conditions pédo-climatiques de Katibougou afin de déterminer la variété présentant le meilleur potentiel de production.

## MATERIELS ET METHODES

### Matériels

**Sol :** Le sol du site d'expérimentation est un sol tropical lessivé de type ferrugineux montrant une grande dominance de kaolinites, dont la capacité d'échange est très faible (Dembélé I, 1992), et qui n'a pas ou très peu, la propriété de changer de volume en fonction de l'humidité. Ce sont des colloïdes dits à faible activité (Bertrand et Gigou, 2000). Les sols sablo limoneux et argilo limoneux riches en matière organique conviennent parfaitement. Le PH tolérable varie de 4 à 8 mais l'optimum est de 6 à 7,5 : 5,0 à 6,5 pour le bananier plantain (Gonzalez et al., 2003; Hugues T., 1985 ; Diarra B. ; 1999).

**Climat :** Le climat est du type soudano sahélien caractérisé par une longue saison sèche allant d'octobre à fin mai (7 à 8 mois) et une saison pluvieuse de juin à début octobre (4 à 5 mois). Située au centre de l'isohyète 900mm, la pluviométrie annuelle faible au début atteint son maximum en août, avec un cumul annuel oscillant entre 700mm et 900mm. La saison sèche est subdivisée en deux périodes :

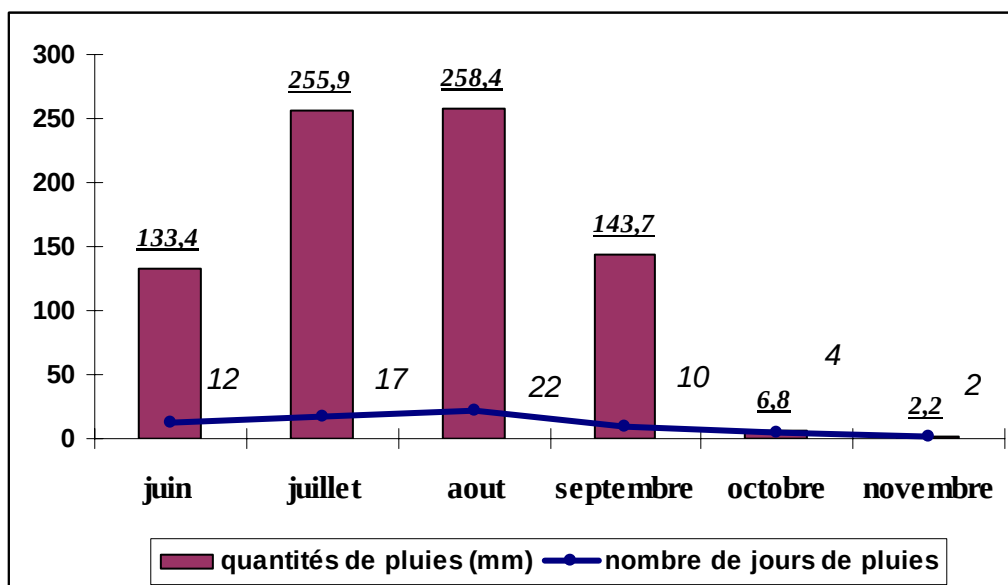
- . Une période chaude de mars à mai, dont les températures moyennes varient entre 30° C et 39° C ;
- . Une période fraîche qui s'étend de novembre en février avec une température moyenne de 21° C courant décembre, alors que la maximale est atteinte en février avec 26° C.

Pendant la saison des pluies, les nuits sont plus courtes que les jours et s'allongent progressivement pour les dépasser en octobre. La longueur moyenne du jour est de 12h06' en mars et de 12h55' en juin.

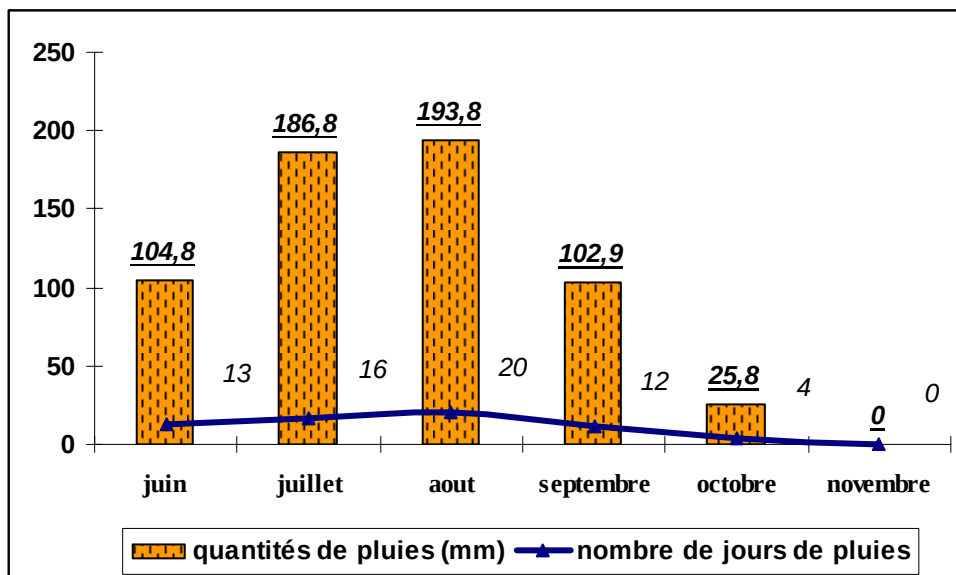
Dans la zone, il existe deux vents dominants :

- L'harmattan ; vent chaud et sec, soufflant de l'est vers le nord-ouest en saison sèche ;
- La mousson ; vent frais et humide, soufflant du sud-ouest vers le sud-est en saison pluvieuse.

Pluviométrie de l'année 2004



## Pluviométrie de l'année 2005



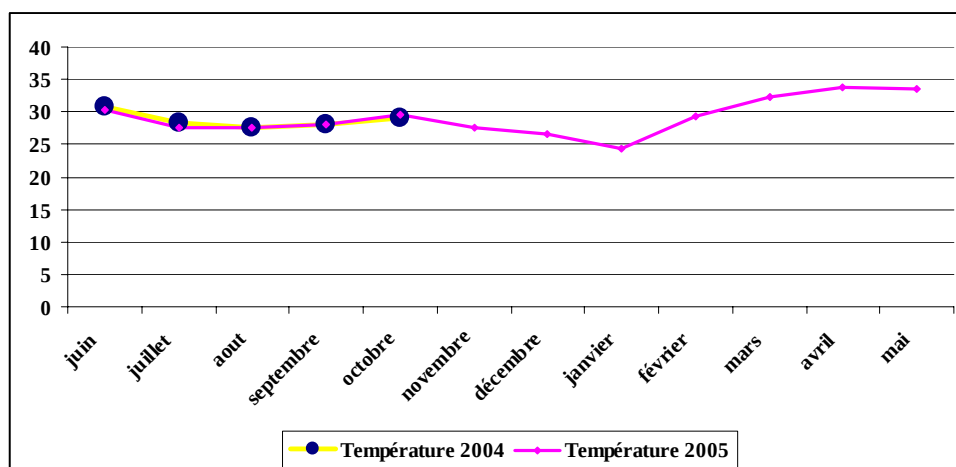
L'idéal pour le bananier est une hauteur de pluie mensuelle de 125 à 150mm.

En 2004, les mois les plus arrosés ont été de juin à septembre, dépassant largement les 125mm. Par contre les mois d'octobre et novembre ont été déficitaires (-118mm et -122mm). Les précipitations de décembre à mai ont été égales à 0, ce qui nous a valu des apports supplémentaires.

En 2005 les mois les plus arrosés ont été juillet et août, les mois de juin, septembre et octobre ont présenté des déficits (-20.2mm, -22.1mm et -99.2mm).

Pendant ces mois et les mois où les précipitations ont été égales à 0 (novembre à mai) l'irrigation nous a été indispensable à raison de 15 à 25litres d'eau par plant tous les deux jours.

## Températures moyennes de 2004/2005



La température doit être comprise entre 15 et 35° C avec un optimum à 28° C et un minimum absolu supérieur à 12° C.

En 2004 et 2005 les températures ont oscillé entre 24 et 34° C, ce qui probablement n'a pas eu d'influence négative sur la croissance et le développement des variétés mises en expérimentation.

### Matériel végétal :

Des rejets de bananiers plantains des variétés Ebang rouge, Ebang vert (sous groupe des faux cornes) et French clair (sous groupe des French) importés du Centre d'Introduction, d'Adaptation et de Multiplication (CIAM) au Gabon, nous ont permis de réaliser notre dispositif expérimental.

### Méthodes

#### Facteurs étudiés :

Un seul facteur fait l'objet de l'étude, le facteur variétal (potentiel génétique de production) à trois niveaux de variation (essai simple).

#### Traitements :

Chaque variété représente un traitement, ainsi nous avons :

T1 = V1 = Ebang rouge,

T2 = V2 = French Clair,

T3 = V3 = Ebang vert.

#### Dispositif expérimental :

Le dispositif expérimental est en blocs de Fisher à 7 répétitions. L'ensemble du dispositif couvre une superficie de 218,75m<sup>2</sup> (15m x 14,5m) et compte 35 plants espacés de 2,5m x 2,5m disposés en rectangle soit une densité de 1 600 pieds/ha. La parcelle évaluée compte 15 plants situés au milieu du dispositif, soit 5 plants de chaque variété.

Tableau 1 : Densités optimales de plantation des bananiers plantains

| Cultivars    | Densités recommandées/ha | Dispositions possibles<br>(lignes simples)                     |
|--------------|--------------------------|----------------------------------------------------------------|
| French géant | 1.500 – 1.700            | 2,5m x 2,5m (1 600 pieds /ha)<br>3,0m x 2,0m (1 666 pieds /ha) |
| French moyen | 2.000 – 2.200            | 2,5m x 2,0m (2 000 pieds /ha)<br>2,5m x 1,8m (2 222 pieds /ha) |
| Faux-corne   | 2.500 – 3.000            | 2,0m x 2,0m (2.500 pieds/ha)<br>2,0m x 1,8m (2.777 pieds/ha)   |

Source : TEZENAS DU MONTCEL, 1985.

Le tableau 1 indique la densité optimale de plantation de différentes variétés de plantains. Dans notre expérimentation, nous avons adopté le premier écartement tenant compte des caractéristiques du milieu.

## RESULTATS ET DISCUSSION

Nombre de feuilles fonctionnelles, de trois (03) mois à la récolte

L'analyse de variance montre une faible évolution de l'émission des feuilles pour les trois variétés pendant les 3 premiers mois de la phase végétative. Cependant, nous avons observé des différences statistiquement significatives entre les traitements pour le nombre de feuilles fonctionnelles émises à 6 mois. C'est la French Clair qui a donné le plus grand nombre de feuilles fonctionnelles avec une moyenne de 14,03 feuilles, suivi de Ebang vert dont la moyenne est de 13,48 feuilles. Le plus petit nombre de feuilles fonctionnelles a été observé chez Ebang rouge. Cette tendance s'est maintenue jusqu'à la floraison, où nous avons observé des moyennes de 16,2 feuilles fonctionnelles pour la French Clair, 14 feuilles fonctionnelles pour Ebang vert et 13,04 feuilles fonctionnelles pour Ebang rouge. A la récolte où nous avons relevé que la French Clair a conservé le plus grand nombre de feuilles fonctionnelles suivi de Ebang vert et d'Ebang rouge avec des moyennes respectives de 12,4 ; 11,04 et 10,32 feuilles fonctionnelles.

Soulignons que le nombre de feuilles fonctionnelles au cours du temps est fonction des taux d'émission et d'abscission foliaires lesquels à leur tour déterminent le nombre de feuilles que la plante peut garder au moment de la floraison (Aristizabal et al., 1988) dès l'ors qu'elle n'a pas souffert de sécheresse, de maladies ou de dénutrition.

Nombre de feuilles fonctionnelles au 6<sup>e</sup> mois.

| VARIETES      | MOYENNES | GROUPES HOMOGENES |
|---------------|----------|-------------------|
| EBANG ROUGE   | 11.89    | B                 |
| FRENCH CLAIRE | 14.03    | A                 |
| EBANG VERT    | 13.48    | A                 |
| PPAS          | 0.96     | 1.19              |

Taille (hauteur) moyenne des pieds de trois variétés de plantains (en m)

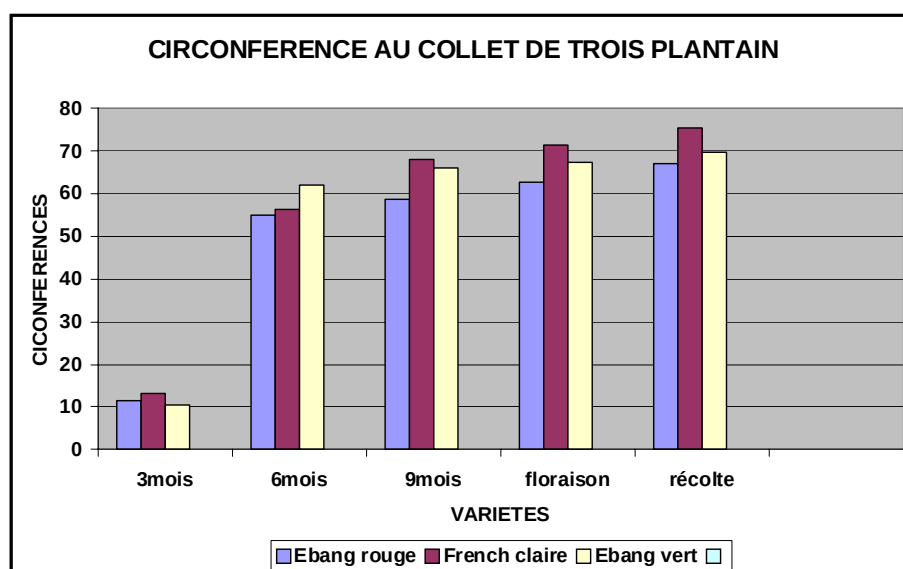
L'analyse de la croissance en taille indique qu'il n'y a aucune différence statistiquement significative entre les trois variétés de 3 mois à 6 mois. Des différences sont observées à partir de 9 mois où la French Clair a eu les pseudo-troncs les plus hauts, suivi de Ebang vert et de Ebang rouge avec des moyennes respectives de 2,94m, 2,65m, et 2,52m. Ces différences se sont pratiquement conservées jusqu'à la floraison et à la récolte où la French Clair reste la variété ayant présenté les plants les plus hauts suivi de Ebang vert. Les plants de Ebang rouge ont présenté les ports les plus bas, ce qui constitue un avantage non négligeable sur des terrains en pente ou les zones de vents forts.

Taille des pieds de trois variétés de plantain au 9<sup>e</sup> mois

| VARIETES      | MOYENNES | GROUPES HOMOGENES |
|---------------|----------|-------------------|
| EBANG ROUGE   | 1.97     | B                 |
| FRENCH CLAIRE | 2.53     | A                 |
| EBANG VERT    | 2.21     | B                 |
| PPAS          | 0.27     | 0.34              |

Circonférence à 1m du sol de trois variétés de plantains (en cm)

L'analyse de variance ne montre aucune différence statistiquement significative entre les traitements de 3 mois à 9 mois. Cependant des différences hautement significatives ont été observées à la floraison. French Clair et Ebang vert sont statistiquement égaux et présentent les circonférences les plus élevées dont les moyennes sont respectivement 48,30cm et 47,40cm. Ebang rouge a présenté les circonférences les plus basses. Cette tendance se confirme jusqu'à la récolte où les moyennes sont respectivement 47,50cm pour French Clair 46,90cm pour Ebang vert et 38,10cm pour Ebang rouge.



Nombre de jours de la plantation à la floraison de trois plantains

Aucune différence significative n'a été observée entre les traitements en ce qui concerne le nombre de jours de la plantation à la floraison. La moyenne générale a été de 284 jours.

**Nombre de jours de la plantation à la récolte de trois variétés de plantain**

Aucune différence significative n'a été observée entre les traitements en ce qui concerne le nombre de jours de la plantation à la récolte. La moyenne générale est de 374,83 jours. Selon Cottin et al. (1987), la durée du cycle végétatif du bananier est étroitement liée au climat (principalement à la température, très dépendante de l'altitude sous les tropiques), ce qui occasionne des variations de

cycle importantes, allant de 7 mois à 22 mois. Cette durée est aussi influencée par les pratiques culturales telles que l'irrigation, le matériel végétal utilisé, la période et les densités de plantation.

Poids moyen d'un régime de plantain (en kg)

Des différences statistiquement significatives ont été observées pour le poids des régimes. French Clair a donné le poids le plus élevé aux régimes avec une moyenne de 13.38 kg, suivi de Ebang vert et Ebang rouge qui sont statistiquement égaux, et dont les moyennes respectives sont de 8.57kg et 6.9kg. La synergie des paramètres de croissance observés a probablement influencé de façon positive la croissance et le développement des régimes avec des fruits mieux remplis chez French Clair, ce qui lui a permis un gain en poids des régimes, par rapport à Ebang vert et Ebang rouge. Il existe en effet une corrélation positive entre ces paramètres et le poids du régime (Alvarez 1997). Il faut un minimum de huit feuilles fonctionnelles au moment de la floraison pour atteindre des rendements élevés. La hauteur de la plante et le poids du régime sont positivement corrélés (Swennen R., Vuylsteke D., 1987).

Poids moyen d'un régime de trois plantains.

| VARIETES      | MOYENNES | GROUPES HOMOGENES |
|---------------|----------|-------------------|
| EBANG ROUGE   | 6.91     | B                 |
| FRENCH CLAIRE | 13.38    | A                 |
| EBANG VERT    | 8.57     | B                 |
| PPAS          | 3.52     | 4.84              |

Nombre moyen de mains par régime

Aucune différence entre les traitements n'a été observée en ce qui concerne le nombre de mains par régime. 6 mains pour Ebang rouge, 7 mains pour French Clair et Ebang vert.

Poids moyen d'une main

L'analyse de variance indique des différences statistiquement significatives entre les variétés pour le poids moyen d'une main. French Clair a donné le poids le plus élevé de main avec une moyenne de 1.79kg, suivi de Ebang vert dont la moyenne est de 1.48kg. Ebang rouge vient en troisième position avec une moyenne de 1.19kg.

Poids moyen d'une main

| VARIETES      | MOYENNES | GROUPES HOMOGENES |
|---------------|----------|-------------------|
| EBANG ROUGE   | 1.19     | C                 |
| FRENCH SOMBRE | 1.79     | A                 |
| EBANG VERT    | 1.48     | B                 |
| PPAS          | 0.13     | 0.18              |

Nombre moyen de doigts par main

Aucune différence n'a été relevée entre les variétés pour le nombre de doigts par main. Les moyennes générales pour l'ensemble des traitements sont de 4.3 doigts par main pour Ebang rouge 7 doigts pour French Clair, et 6.2 doigts par main pour Ebang vert.

Poids moyen d'un doigt

Des différences statistiquement significatives ont été observées entre les variétés pour le poids moyen des doigts. French Clair a donné le poids le plus élevé de doigts avec une moyenne de 0.34kg, suivi de Ebang vert dont la moyenne est de 0.25kg. Ebang rouge vient en troisième position avec une moyenne de 0.22kg.

Poids moyen d'un doigt (en g)

| VARIETES      | MOYENNES | GROUPES HOMOGENES |
|---------------|----------|-------------------|
| EBANG ROUGE   | 0.22     | C                 |
| FRENCH CLAIRE | 0.34     | A                 |
| EBANG VERT    | 0.25     | B                 |
| PPAS          | 0.13     | 0.18              |



## CONCLUSION

Les résultats obtenus de cette évaluation préliminaire font ressortir la bonne production de la variété French Clair au cours du premier cycle à Katibougou. Ceci peut s'expliquer probablement par une bonne réaction aux pratiques culturales ainsi qu'à l'environnement. Ainsi donc, bien que French Clair se soit montrée plus tardive, elle se détache des deux autres variétés avec des valeurs significativement plus élevées pour la majorité des variables de rendement. Son rendement moyen de 21,400 tonnes par hectare démontre ainsi son adaptation aux conditions écologiques de la zone d'étude.

Les rendements de Ebang vert 13,700 tonnes par hectare et Ebang rouge 11,050 tonnes par hectare, dans les conditions environnementales de notre étude sont acceptables, et ces deux variétés sont jugées comme prometteuses en culture semi-intensive.

En tenant compte de ce qui précède, nous pouvons conclure que ces matériels offrent un bon potentiel de production dans des conditions environnementales et agronomiques de Katibougou.

Les conclusions ci-dessus formulées ne sont que partielles, car basées sur les résultats d'une seule année d'expérimentation. Nous suggérons d'étudier les performances de ces variétés avec différents niveaux d'intrants et méthodes de gestion pendant deux cycles au moins.

## BIBLIOGRAPHIE

1. Alvarez J. 1997 : Introduction, étude, multiplication et dissémination d'hybrides FHIA à Cuba. (InfoMusa) Pp. 10-14.
2. Aristizabal L. M., Rodriguez L. R., Taborda J. G., 1988 : Analisis del crecimiento y produccion del platano (Musa AAB cv. Dominico) en funcion del clima. Pp. 38.
3. Bertrand R. et Gigou J.; 2000 : La fertilité des sols tropicaux. Pp.11-40.
4. Chambon C., Smith A., 2005 : Un cadre de concertation régionale des producteurs de banane, Pp. 31 – 32.
5. Cottin R., Melin P., Ganry J. 1987 : Modélisation de la production bananière. Influence de quelques paramètres en Martinique Fruits, Pp. 691-701.
6. Dembele I., 1992 : Cours de pédologie. Unité des sciences du sol. Département d'Etudes et de Recherches des Sciences et Techniques Agricoles ; IPR /IFRA, Katibougou. Pp.10- 50
7. Diarra B. ; 1999: *Cours arboriculture fruitière TSPV-2 module 4*, Pp. 51-64.
8. Gonzalez A.M L., Gomez C. M., Aristizabal L., 2003 : *Caractéristiques de croissance et de production d'hybrides FHIA en Colombie.*, InfoMusa, Pp. 46 – 49.
9. Lescot T., 1999 : Importance des bananes plantain et à cuire en Afrique : Débouchés pour les zones subtropicales, InfoMusa, Pp. 25 – 26.
10. Pic C., Fouré E., Frison E., 1998: Les productions bananières : un enjeu économique majeur pour la sécurité alimentaire, Pp. 22 – 443.
11. Swennen R., Vuylsteke S., 1987: *Morphological taxonomy of plantain*, Pp.165-171.
12. Tezenas du Montcel H., 1985 : *Le bananier plantain*, Pp. 5 – 143.
13. www.hub.rural. *La plate-forme pour le développement rural et la sécurité alimentaire en Afrique de l'Ouest et du centre*. Pp.31.
14. www.izf.net : *L'aide internationale au Mali : Agriculture*, Pp. 3

## **AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS BIOMÉTRICOS E PRODUTIVOS NO TERCEIRO CICLO DE BANANEIRAS 'PRATA-ANÃ' EM FUNÇÃO DO EFEITO RESIDUAL DA ADUBAÇÃO ORGÂNICA FEITA NO PRIMEIRO CICLO**

### **EVALUATION OF BIOMETRIC AND PRODUCTIVE PARAMETERS IN THE THIRD PRODUCTION CYCLE OF BANANA PLANT 'PRATA-ANÃ' ACCORDING TO THE RESIDUAL EFFECT OF ORGANIC FERTILIZATION IN THE FIRST CYCLE**

Rodrigo Domingues Barbosa<sup>1</sup>; Erval Rafael Damatto Junior<sup>2</sup>; Roberto Lyra Villas Boas<sup>3</sup> & Júlio César Thoaldo Romeiro<sup>4</sup>.

#### **RESUMO**

A bananeira (*Musa* spp) é uma planta que pode ser cultivada em diferentes tipos de solos, mas se desenvolve melhor em solos ricos em matéria orgânica, bem drenados, de textura média, com boa capacidade de retenção de água e topografia favorável. A bananeira é uma planta tropical que requer temperaturas entre 20 e 35°C, alta umidade relativa e precipitações bem distribuídas durante o ano para uma boa produção e desenvolvimento. Este trabalho visou avaliar os parâmetros biométricos e produtivos do terceiro ciclo produtivo da bananeira 'Prata-anã', em função de doses residuais da fertilização orgânica realizada no primeiro ciclo. O cultivo da banana teve início em Novembro de 2002, tendo o terceiro ciclo se iniciado em Outubro de 2004 e terminado em Setembro de 2005, num solo do tipo Nitossolo Vermelho. O experimento seguiu delineamento experimental em blocos ao acaso, com 5 tratamentos, 5 repetições e 2 plantas úteis por parcela, com sistema de irrigação do tipo microaspersão. Os resultados não variaram em função das doses de composto orgânico para todos os parâmetros biométricos e produtivos analisados, mas foi observado um aumento nestas variáveis do primeiro para o segundo ciclo, e uma diminuição no terceiro ciclo.

Palavras-Chaves: Banana, adubação orgânica, potássio, cultivo.

#### **SUMMARY**

Banana plants (*Musa* spp) can be cultivated in different kinds of soils, even though, it grows better in soils rich in organic matter, which has well draining and good water retaining capacity and also favorable topography. It is a typical tropical plant, requiring temperatures between 20 and 35°C, with high relatively humidity and good precipitation distribution for its good production and development. This work intends to evaluate the biometric and productive parameters during the third production cycle of banana 'Prata-anã' according to the residual effect of organic fertilization in the first cycle. The banana plantation was installed in a Red Nitosol, in November 2002, initiating the third cycle in October 2004 and ending in September 2005. The experiment was arranged in randomized blocks design with 5 treatments, 5 replications and 2 test plants per plot. The obtained data did not differ according to the organic compost rates for all biometric and productive parameters analyzed, but it was observed increases in these variables from the first to the second cycle, and a diminishing in the third cycle.

Keywords: organic fertilizers, potassium, cultivation

#### **INTRODUÇÃO**

A maioria dos cultivares de banana (*Musa* spp.) originaram-se no Continente Asiático, embora existam centros secundários de origem na África e nas ilhas do Pacífico, além de um importante centro de diversidade na África Ocidental. A bananeira é uma típica planta tropical, exigindo

<sup>1</sup> Eng. Agr. Doutorando da Faculdade de Ciências Agrônomicas - UNESP, Botucatu, São Paulo, Brasil. Bolsista CNPq. E-mail: barbosard@fca.unesp.br.

<sup>2</sup> Eng. Agr. Doutorando da Faculdade de Ciências Agrônomicas - UNESP, Botucatu, São Paulo, Brasil. Bolsista Fapesp. E-mail: ervaljr@fca.unesp.br.

<sup>3</sup> Prof. Dr. do Departamento de Recursos Naturais da Faculdade de Ciências Agrônomicas - UNESP, Botucatu, São Paulo, Brasil. E-mail: rlvboas@fca.unesp.br.

<sup>4</sup> Eng. Agr. Mestrando da Faculdade de Ciências Agrônomicas - UNESP, Botucatu, São Paulo, Brasil. E-mail: jctromeiro@fca.unesp.br.

temperaturas entre 20 e 35°C, elevada umidade relativa e precipitações bem distribuídas para uma boa produção e desenvolvimento (Trindade et al., 1997).

Apesar de ser cultivada em diversos tipos de solos, a bananeira prefere solos ricos em matéria orgânica, bem drenados, argilosos ou francos, que possuam boa capacidade de retenção de água e topografia favorável (Rangel, 1997). Porém, a realidade das regiões produtoras é de solos pobres em nutrientes e também de baixo índice de matéria orgânica. Assim sendo, estudos relacionados com adubação orgânica e os benefícios que ela pode trazer não só com o aumento de produtividade, bem como com as melhorias nas características físico-químicas destes solos são de fundamental importância para uma boa recomendação de adubação na cultura da bananeira (Borges e Costa, 2002).

A bananeira requer fertilização adequada por ser elevada a quantidade de nutrientes absorvida pela planta e exportada pelos frutos. A marcha de absorção da bananeira indica que o potássio é o elemento mais extraído pela planta, e por isso, as doses foram estabelecidas em função da quantidade de potássio presente no composto e a necessidade da planta na sua utilização.

Este trabalho teve por objetivo avaliar os parâmetros biométricos e produtivos no 3º ciclo de bananeiras 'Prata-anã' em função de possíveis efeitos residuais da adubação orgânica realizada no 1º ciclo.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado no pomar experimental do Departamento de Produção Vegetal da Faculdade de Ciências Agrônômicas/UNESP-Botucatu, situada no Estado de São Paulo, em solo do tipo Nitossolo Vermelho segundo Embrapa (1999). O plantio foi realizado em novembro de 2002 com mudas convencionais (chifre) do cv. Prata-anã, tendo o 3º ciclo se iniciado em outubro de 2004 e terminado em setembro de 2005. O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados, com 5 tratamentos, 5 repetições e 2 plantas úteis por parcela, com 10 plantas isolando a área útil, de acordo com Rossetti (2002).

Na área experimental foi instalado sistema de irrigação localizada, do tipo microaspersão, com vazão de 40 L/h, sendo instalado um microaspersor para cada 4 plantas. Os tratamentos empregados no primeiro ano de produção constituíram-se de diferentes doses de composto orgânico: T1 = 0 g de K<sub>2</sub>O/planta (0 do composto – Testemunha); T2 = 98,5 g de K<sub>2</sub>O/planta (43 kg de composto/planta); T3 = 197,0 g de K<sub>2</sub>O/planta (86 kg de composto/planta); T4 = 290,5 g de K<sub>2</sub>O/planta (129 kg de composto/planta); T5 = 394,0 g de K<sub>2</sub>O/planta (172 kg de composto/planta), sendo as doses de composto calculadas de acordo com o teor de potássio presente no composto. Os dados da composição química do composto estão relacionados na tabela abaixo.

Tabela 1: Resultados de análise química do composto produzido para adubação das bananeiras.

| Resultado em porcentagem na matéria seca |                               |                  |       |       |       |      |      |      |
|------------------------------------------|-------------------------------|------------------|-------|-------|-------|------|------|------|
| N                                        | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O | Um%   | MO    | C     | Ca   | Mg   | S    |
| 1,75                                     | 1,44                          | 0,60             | 62,00 | 77,00 | 42,78 | 1,96 | 0,33 | 0,30 |
| Resultado em mg/kg na matéria seca       |                               |                  |       |       |       |      |      |      |
| Fe                                       | Cu                            | Mn               | Na    | Zn    | PH    | C/N  |      |      |
| 2450                                     | 56                            | 114              | 1600  | 112   | 7,50  | 25/1 |      |      |

Fonte: Laboratório de Análises de Fertilizantes e Corretivos. DCS-FCA.

Os efeitos residuais da adubação orgânica nas plantas do 3º ciclo foram avaliados através das mensurações dos parâmetros biométricos: tamanho da circunferência do pseudocaule (cm), altura da emissão dos cachos (m), número de folhas por planta e da duração do ciclo (dias), realizadas na ocasião da emissão da inflorescência. Também foram avaliados os parâmetros produtivos: peso de cacho (Kg), número de frutos por cacho, número de pencas por cacho, peso da 2ª penca (Kg), número de frutos da 2ª penca, comprimento dos frutos (cm) e diâmetro dos frutos (mm), após a colheita.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados dos parâmetros biométricos e produtivos estão apresentados nas tabelas 2 e 3, respectivamente.

Tabela 2: Altura de plantas, circunferência de pseudocaule, número de folhas por planta e número de dias entre o florescimento e a colheita de bananeira Prata-anã, adubada com diferentes doses de composto orgânico, em Botucatu/SP no 3º ciclo de produção (outubro/2004 a setembro/2005).

| Tratamentos                | Altura de Plantas (m) | Circunferência Pseudocaule (cm) | Nº de folhas por planta | Dias entre florescimento e colheita |
|----------------------------|-----------------------|---------------------------------|-------------------------|-------------------------------------|
| T1: 0 kg composto/planta   | 3,67                  | 93,4                            | 8,0                     | 165                                 |
| T2: 43 kg composto/planta  | 3,26                  | 88,3                            | 8,6                     | 160                                 |
| T3: 86 kg composto/planta  | 3,60                  | 88,0                            | 9,6                     | 162                                 |
| T4: 129 kg composto/planta | 3,69                  | 87,1                            | 10,5                    | 162                                 |
| T5: 172 kg composto/planta | 3,54                  | 85,7                            | 9,2                     | 168                                 |
| Médias                     | 3,55                  | 88,5                            | 9,2                     | 163                                 |
| CV (%)                     | 8,26                  | 5,98                            | 16,26                   | 7,39                                |

Quanto à altura média das plantas houve um aumento progressivo a cada ciclo, apresentando como médias 2,65m; 3,46m; e 3,55m, nos 1º, 2º e 3º ciclos, respectivamente. Já a circunferência do pseudocaule a 30cm do solo teve um aumento até a segunda geração de plantas, tendo um decréscimo na terceira safra, sendo os dados médios: 75,8cm; 95,6cm; e 88,5cm, respectivamente. Brasil et al. (2001) trabalhando com doses de N e K em bananeira cv. Pioneira encontrou apenas efeitos significativos de doses de N para a variável circunferência do pseudocaule, sendo que os tratamentos com doses de K não apresentaram diferenças significativas em relação às variáveis estudadas.

O número de folhas, no momento do florescimento não mostrou diferença significativa ( $p>0,05$ ) entre os tratamentos, como apresentando na Tabela 2, apresentando em média 9,2 folha por planta, contudo, observa-se que o número de folhas sofreu uma queda em relação aos ciclos anteriores, onde no segundo ciclo apresentou em média 10,3 folhas por planta e no primeiro 17,4. Gomes (2004) trabalhou com doses de potássio via fertirrigação em bananeira e também não encontrou diferença significativa no número de folhas dos diferentes tratamentos. Essa queda no número de folhas mostra que plantas nutridas inadequadamente perdem mais rapidamente suas folhas, o que acarreta em perdas em produção. Isto pode ser evidenciado por Gomes (2004), que trabalhando com o cv. 'Prata-anã', em condições semelhantes, encontrou em média 21 folhas por planta no primeiro ciclo, com redução do número de folhas por planta nos ciclos seguintes.

O período entre o florescimento e a colheita, não foi influenciado pelos tratamentos aplicados no primeiro ciclo, contudo esse período se encurtou quando comparado com os anos anteriores, uma vez que na 2ª safra esse período foi de 188 dias, enquanto que na 1ª safra esse período foi o maior encontrado (267 dias).

Trabalhando com bananeira 'Prata-anã', em Jaboticabal, Guerra (2001) não observou influência da fertilização nitrogenada e potássica via fertirrigação no número de dias entre o plantio e a colheita dos frutos. Os dados médios encontrados pelo autor foram de 454 dias do plantio a colheita e de 325 dias entre o plantio e o florescimento.

Gomes (2004) observou duração de 263 dias entre o plantio e o florescimento e 123 dias entre o florescimento e a colheita, totalizando 386 dias entre o plantio e a colheita. Porém, as condições climáticas do norte de Minas Gerais favorecem um ciclo mais curto para a bananeira, comparando com as condições de Botucatu.

Estas diferenças encontradas por esses autores e por este trabalho podem ser explicadas devido ao clima, uma vez que a cultura é extremamente sensível às baixas temperaturas.

Tabela 3: Peso de cacho, número de frutos por cacho, número de pencas por cacho, peso da 2ª penca, número de frutos na 2ª penca, comprimento e diâmetro de frutos de bananeira Prata-anã, adubada com diferentes doses de composto orgânico, em Botucatu/SP no 3º ciclo de produção (outubro/2004 a setembro/2005).

| Tratamentos                | Peso cacho (kg) | Frutos/ca cho | Penca/ca cho | Peso 2ª penca (kg) | Frutos 2ª penca | Compr. frutos (cm) | Diâmetro frutos (mm) |
|----------------------------|-----------------|---------------|--------------|--------------------|-----------------|--------------------|----------------------|
| T1: 0 kg composto/planta   | 14,19           | 163           | 10,8         | 1,29               | 16,2            | 11,78              | 30,41                |
| T2: 43 kg composto/planta  | 12,82           | 149           | 10,6         | 1,12               | 15,4            | 11,72              | 30,27                |
| T3: 86 kg composto/planta  | 13,47           | 168           | 11,0         | 1,22               | 15,8            | 11,66              | 30,67                |
| T4: 129 kg composto/planta | 14,95           | 157           | 10,8         | 1,31               | 16,4            | 11,99              | 32,11                |
| T5: 172 kg composto/planta | 14,81           | 161           | 11,0         | 1,37               | 16,4            | 11,72              | 31,49                |
| Médias                     | 14,05           | 160           | 10,8         | 1,26               | 16,1            | 11,77              | 30,99                |
| CV (%)                     | 23,72           | 12,89         | 9,74         | 23,56              | 8,40            | 7,77               | 10,55                |

O peso médio do cacho teve uma elevação do 1º para o 2º ciclo, já no 3º houve um decréscimo nesses valores, sendo as médias de cada ciclo de 16,4 kg; 17,06 kg; e 14,05 kg para o 1º, 2º e 3º ciclos, respectivamente. Tanto para o número médio de frutos por cacho como para o número de pencas, houve um aumento com o transcorrer do 1º ciclo para o 2º, e uma estabilização a partir do 2º ciclo, sendo os dados médios do 1º ciclo 123 frutos/cacho e 9,1 pencas/cacho; no 2º ciclo 158 frutos/cacho e 10,84 pencas/cacho e no 3º ciclo 160 frutos/cacho; 10,84 pencas/cacho. O número de frutos por cacho, bem como o número de pencas por cacho estão próximos aos obtidos por Gomes (2004). O número de frutos por cacho foi superior aos encontrados por Pereira et al. (2001), cuja quantidade de frutos por cacho foi de 103 frutos.

Rodrigues et al. (2002) obteve número de pencas inferior aos encontrados neste trabalho (8,6 pencas por cacho). O peso médio da segunda penca mostrou tendência de diminuição entre os ciclos, apresentando como médias 2,00; 1,74; e 1,26 kg para o 1º, 2º e 3º ciclos, respectivamente. O mesmo autor (Rodrigues et al., 2002), determinou peso médio da segunda penca de 1,68 kg, valor este superior aos encontrados neste trabalho. Porém, o número médio de frutos na segunda penca sofreu poucas alterações (15,8 frutos no 1º ciclo; 17,04 frutos no 2º ciclo; e 16,12 frutos no 3º ciclo).

O tamanho dos frutos, avaliados através das mensurações do comprimento e do diâmetro, apresentou tendência de diminuição com a supressão de nutrientes ao solo, apresentando como médias nos 1º, 2º e 3º ciclos 13,0 cm e 36,3 mm; 12,48 cm e 32,59 mm, 11,77 cm e 30,99 mm, para comprimento e diâmetro, respectivamente. Com relação ao comprimento dos frutos, estes são semelhantes aos encontrados por Rodrigues et al. (2001) e superiores aos verificados por Guerra (2001), que obteve frutos com comprimento de 10 cm.

O diâmetro médio dos frutos da segunda penca são superiores aos observados por Rodrigues et al. (2001), que obtiveram frutos com diâmetro de 32 mm, porém estas medidas de diâmetro são bastante variáveis, pois este é um dos fatores que determinam o ponto ideal de colheita, dependendo do destino que se queira dar aos frutos, ou seja, frutos de consumo local são colhidos com diâmetros maiores, enquanto frutos de consumo mais distante, são colhidos verdes e, portanto, com diâmetros menores.

## CONCLUSÃO

As doses de composto orgânico não mostraram efeitos significativos para todos os parâmetros biométricos e produtivos analisados.

Houve um acréscimo dos valores médios das variáveis analisadas do 1º para o 2º ciclo, com diminuição no terceiro ciclo.

## BIBLIOGRAFIA

- BRASIL, E. C.; OEIRAS, A. H. L.; MENEZES, A. J. E. A. de; VELOSO, C. A. C. Desenvolvimento e produção de frutos de bananeira em resposta à adubação nitrogenada e potássica. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 35, n. 12, p. 2407-2414, 2000.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Rio de Janeiro: EMBRAPA/SOLOS, 1999. 412 p.
- GOMES, E. M. Crescimento e produção de bananeiras 'Prata-anã' e 'Maçã' fertirrigadas com potássio. 2004. 76f. Tese (Doutorado em Agronomia/Irrigação e Drenagem). Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2003.



4. GUERRA, A. G. Fertirrigação com nitrogênio e potássio utilizando sistema de irrigação por microaspersão na cultura da bananeira 'Prata-anã'. 2001. 69f. Tese (Doutorado em Agronomia/Produção Vegetal). Faculdade de Ciências Agrária e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2001.
5. PEREIRA, L. V.; SILVA, C. R. de R. e; ALVARENGA, A. A. Influência do tipo de muda no comportamento vegetativo e produtivo de bananeira cv. 'Prata-anã'. Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal, v. 23, n. 1, p. 164-167, 2001.
6. RANGEL, A. Banana. In: SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Agricultura e de Abastecimento. Coordenadoria de Assistência Técnica Integral. Manual técnico das culturas. 2.ed. rev. atual. Campinas: Cati, 1997. p.100-110.
7. RODRIGUES, M. G. V.; SOUTO, R. F.; MENEGUCCI, J. L. P. Influência do ensacamento do cacho na produção de frutos de bananeira 'Prata-anã' irrigada, na região norte de Minas Gerais. Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal, v. 23, n. 3, p. 559-563, 2001.
8. RODRIGUES, M. G. V.; SOUTO, R. F.; MENEGUCCI, J. L. P. Efeito da poda da última penca do cacho da bananeira 'Prata-anã' irrigada, na produção de frutos no norte de Minas Gerais. Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal, v. 24, n. 1, p. 108-110, 2002.
9. ROSSETTI, A. G. Influência da área da parcela e do número de repetições na precisão dos experimentos com arbóreas. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 37, n. 4, p. 433-438, 2002.
10. TRINDADE, A.V., O cultivo da banana, EMBRAPA 1997, p. 13-89.

## **CULTIVO DE BANANO EN COAHUAYANA, MICHOACÁN, MÉXICO: 1. CRONOSECUENCIA DE SUELOS**

### **BANANA PLANTATION IN COAHUAYANA, MICHOACAN, MEXICO: 1. SOILS CHRONOSEQUENCE**

Octavio Pérez Zamora<sup>1</sup>; Jose Orozco Romero<sup>1</sup> & Ma. Remedios Cícales Rivero<sup>2</sup>

#### **SUMMARY**

In Mexico, the lack of soil knowledge is one of the main limitations to yield and maintain sustainable agricultural banana production systems. Because of this, a regional study was started to characterize and establish the main references soils for banana production in the Pacific Central Region of Mexico; in this work, the one for the Coahuayana, Michoacan area is presented. Findings showed that numerous soils are used for banana (12 soil units of FAO system), and the main processes of soil formation are the transport of calcium carbonate, clays and salts. A soil chronosequence was found in the landscape; besides a preliminary diagnostic of physical and chemical soil problems was done in the field; this might help to prevent and correct pH, salt accumulation and mechanical impedance to plant root penetration into the soil.

Keywords: irrigated banana, clay horizon, compact soils, decalcification

Palabras clave: Banano de riego, horizonte argílico, horizonte compactado, descalcificación.

#### **INTRODUCCIÓN**

En México el 95% de la producción de bananas se destina al consumo nacional. En la región del Pacífico Centro se cultiva el 20% de la fruta del país, sin embargo, los rendimientos promedio de la región son bajos, 22.4ton/ha (Orozco y Pérez, 2006); esto se debe al inadecuado manejo de agua de riego y desconocimiento de las características de los principales suelos donde se realiza el cultivo. El conocimiento de la naturaleza, dirección y velocidad de los procesos pedogenéticos es esencial para predecir y diseñar sistemas de producción de banano sostenibles a largo plazo; entre los procesos pedogenéticos más importantes que ocurren en el Pacífico Centro están la melanización de horizontes superiores, la descalcificación, la acumulación de sales, la formación de horizontes endurecidos, lixiviación de bases y la deposición de materiales orgánicos e inorgánicos (Pérez, 2004).

Los bananos requieren un suministro de agua abundante y frecuente; los déficit de agua influyen en forma negativa sobre el crecimiento y rendimiento del cultivo. En la etapa vegetativa, período de establecimiento, se determina el potencial de crecimiento y fructificación siendo esencial durante este periodo un suministro adecuado de agua y nutrimentos (N y K); durante este período los déficit de agua afectan al ritmo de desarrollo (altura de la planta y diámetro de pseudotallo), lo que a su vez influye en el número de manos, en el peso y longitud de los racimos. Por lo anterior, el conocimiento de los sitios donde se desarrollan los bananos es importante en la derivación de técnicas de manejo sustentables y productivas (Pérez, 2004).

El objetivo del trabajo fue caracterizar y clasificar los suelos donde se cultiva banano en una de las principales regiones bananeras del Pacífico Centro: caso Coahuayana, Michoacán, México.

#### **MATERIALES Y MÉTODOS**

Las actividades del estudio de campo fueron: 1 Efectuar transectos horizontales y verticales en el área bananera de 5 x 15km, realizando barrenaciones para la detección de capas endurecidas, mantos freáticos, color, pH y observaciones de la geomorfología del terreno; 2. Selección de 21 sitios de muestreo o pozos agrológicos con apoyo de fotografía aérea, mapas a escala 1:50000, observaciones de campo y recomendaciones de los productores; 3. Excavación, descripción, registro, muestreo de cada uno de los horizontes del perfil (Soil Survey Staff, 2001); y 4. Clasificación taxonómica de suelos en campo.

<sup>1</sup> INIFAP-Colima. Investigadores en Química y Fertilidad de Suelos. Km. 35 Carretera Colima a Manzanillo. Tecmán, Col. México. perez.octavio@inifap.gob.mx.

<sup>2</sup> Universidad de Colima. Profesor Fertilidad de Suelos. Km 40 Carretera Colima a Manzanillo. Tecmán, Col. México

En la zona los factores de formación del suelo son 1) el clima (temperatura media anual de 26°C y precipitación de 940mm), 2) la vegetación, selva baja caducifolia disturbada y modificada a plantaciones de banana de 20 a 40 años de edad, 3) la topografía corresponde a secuencia de abanicos aluviales y terrazas bajas, con pendiente normal, 4) el material parental es aluvial, medio a grueso, de rocas sedimentarias del cuaternario y 5) el tiempo de formación menor a 10000 años (cuaternario reciente).

Los perfiles de suelo se describieron como lo señala el Soil Survey Staff (1992), mientras que la de horizontes del suelo de acuerdo con Bridges (1990), la textura se determinó al tacto en campo (Thien, 1979), la reacción al HCl 1 N para detectar la presencia de carbonato de calcio (Holmgren, 1973; Soil Survey Staff, 1992), color en húmedo (tabla Munsell); la estructura del suelo como lo señala Climo (1982), consistencia en húmedo y mojado (Soil Survey Staff, 1992); el pH y conductividad eléctrica con medidores portátiles (Corning pH Meter 3D y Hach, respectivamente).

La muestra de suelo de cada horizonte de los perfiles se secó al aire, a la sombra, se tamizaron en malla de 2mm y se procesaron en el laboratorio del Campo Experimental Tecomán-INIFAP. La textura del suelo se determinó por el método del hidrómetro después de dispersar el suelo con hexametafosfato de sodio (Day, 1965). La materia orgánica con el procedimiento modificado Walkely-Black (Schnitzler, 1982). El pH se midió en una proporción 1:1 suelo /agua (Malean, 1982). El carbonato de calcio, según Enríquez (1987); y la conductividad eléctrica, como lo describen Chavira y Castellanos (1987).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En primera instancia se identificó que el cultivo del banano, en Coahuayana, se encuentra ocupando una cronosecuencia de suelos (Cuadro 1), donde el clima, la vegetación, la topografía y el material parental son constantes. Los procesos de formación y maduración de suelos están relacionados con el transporte de carbonato de calcio, la formación de horizontes Cámbico, Argílico B<sub>2t</sub> y Cálcico B<sub>2tca</sub> con profundidad, horizontes superiores de Mólico a Ócrico.

La aportación de este conocimiento puede ser utilizada para entender y establecer prácticas de producción que mejoren el comportamiento y funcionamiento de suelos en ecosistemas cultivados con banano. En contraste con el tamaño del área ocupada por banano (3,000 ha) se registró la existencia de 12 unidades de suelo; esto tiene implicaciones en la planeación de investigación y transferencia de tecnología, dado que representa la necesidad de atender numerosas condiciones de ambientes en la región, lo cual requiere de recursos financieros, humanos y de infraestructura adicionales, con frecuencia limitados en los países en desarrollo como México.

La altura de sitios es de 2 a 40 msnm; la secuencia de suelos observada en la región fue de Solonchak sódico, Cambisol sódico, Cambisol flúvico, Cambisol vértico, Calcisol lúvico y Calcisol háplico. El banano se ubicó en cuatro abanicos aluviales: 1. Presente, 2. Reciente, 3. Joven, y 4. Viejo. En el Cuadro 1 se muestran 4 suelos seleccionados que ilustran sitios representativos de dichos aluviones; la edad estimada fue de 100-150, 150-200, 250-350, y 400-5000 años para los abanicos aluviales 1, 2, 3 y 4, respectivamente; la estimación se hizo basándose en el desarrollo del horizonte B (Soil Survey Staff, 2001).

Cuadro 1. Variación entre parámetros de horizonte A y B del suelo

| Abanico aluvial | Incremento en el contenido de arcilla en el horizonte B con respecto al horizonte A (superficial) (%) | pH ¶      | Profundidad de Manto freático (m) | Resistencia § (kg/cm <sup>2</sup> ) | Nombre de Horizonte B ‡ | M.O. (%) |
|-----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-----------------------------------|-------------------------------------|-------------------------|----------|
| 1. Presente     | -9.8                                                                                                  | 8.7 a 9.2 | 0.6                               | 2.0 a 0.5                           | B <sub>w</sub>          | 1.07     |
| 2. Reciente     | 3                                                                                                     | 8.7 a 9.3 | 1.25                              | 3.0 a 1.5                           | B <sub>w</sub>          | 1.10     |
| 3. Joven        | 8                                                                                                     | 8.5 a 8.6 | No                                | 0.75 a 1.0                          | B <sub>2t</sub>         | 1.14     |
| 4. Viejo        | 28                                                                                                    | 8.7 a 8.6 | No                                | 2.5 a 1.5                           | B <sub>2tca</sub>       | 1.65     |

† Incremento en el contenido de arcilla en el horizonte B con respecto al horizonte A (superficial).

¶ pH de horizontes superficial y horizontes del subsuelo, respectivamente.

§ Resistencia horizontal a la penetración, medido con penetrómetro de bolsillo.

‡ B<sub>w</sub>: horizonte cámbico; B<sub>2t</sub>: horizontes B 2 textural y B<sub>2tca</sub>: horizonte B 2 textural cálcico.

El tipo de suelo del Cuadro 1 corresponde a Solonchak sódico (Presente), Cambisol sódico (Reciente), Calcisol lúvico (Joven), y Calcisol háplico (Viejo), que localmente se identifican como El Ticuiz, La Peña del Mar, Almendra y El Gringo, respectivamente.

En la Figura 1 se muestra el contenido de arcilla con respecto a la profundidad del suelo; en todos los suelos dicho contenido fue superior al 50%, y en algunos de ellos se incrementó con la profundidad; este incremento se relacionó con la formación de horizontes de acumulación de arcilla u horizontes argílicos. La acumulación de dicha arcilla tiene aspectos favorables, dado que permite acumular agua rápidamente disponible para las raíces del banano cerca de la superficie. Además, esta situación también puede contribuir a un manejo del agua de riego racional, lo cual es importante en la región, dada sus características climatológicas (semiárida).

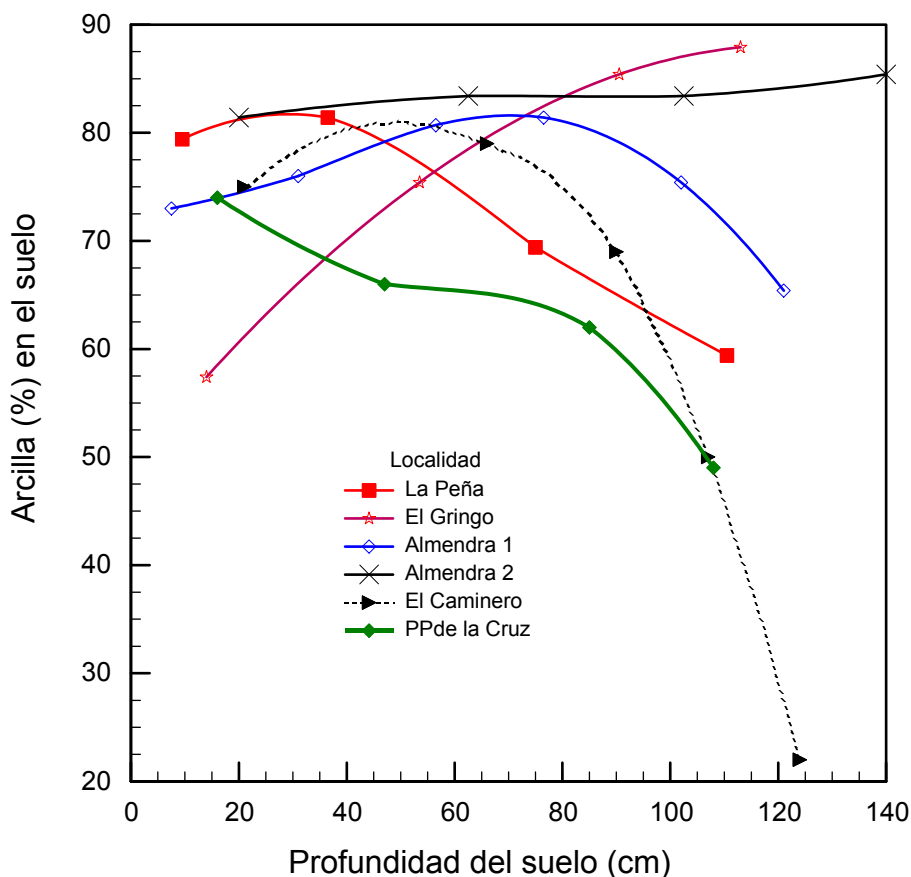


Figura 1. Distribución del contenido de arcilla y profundidad del suelo. Octubre de 2005

El trabajo permitió identificar los principales problemas físicos y químicos de los suelos de la región; 1) horizontes superiores endurecidos ( $>2.0\text{kg/cm}^2$ ) que afectan el desarrollo de raíces, estas fueron escasas y ausentes a profundidad de 0.6m o mayor, 2) pH alcalino, debido a carbonato de calcio ( $<8.5$ ) y problemas de sodio intercambiable ( $\text{pH} >8.5$ ), 3) acumulación de arcilla con profundidad del suelo y, 4) bajos contenidos de materia orgánica, que decrecen con la profundidad a valores de pobre a muy pobre que afectan la sustentabilidad del sistema.

El trabajo de campo proporcionó información útil para diseñar programas de manejo de suelo, que mejore tanto la productividad (capacidad para producir) como la calidad del suelo (como funciona y comporta en ecosistemas cultivados).

## CONCLUSIONES

1. El estudio aportó conocimiento para entender como se comporta y funciona el suelo.
2. Se identificó la existencia de una cronosecuencia de suelos en el área bananera de Coahuayana, Michoacán, México; además,
3. Se clasificaron los suelos, registrándose el total de 12 unidades del sistema FAO (1991), y
4. Se detectaron problemas físicos y químicos que pueden tratarse preventiva y correctivamente, mediante prácticas de manejo sustentables.

## REFERENCIAS

1. Bridges, E. M. 1990. Soil horizons designations. Technical Paper 19. ISRC. Wageningen. 111pp.
2. Cahavira R., J. Gpe. y J. Castellanos R. 1987. Sales solubles. In: A. Aguilar S., J. D. Etchevers B, y J. Z. Castellanos R. (eds.) Análisis químico para evaluar la fertilidad del suelo. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. Chapingo, Edo. De México. pp: 109-124.
3. Climo, W. J. 1982. Qualitative assessment to soil structure using flow diagram. J. Agron. Education 11:54-59.
4. Day, P. R. 1965. Particle fractionation and particle analysis. In: C.A., D. D. Evans, and J. L. White (eds.) Methods of Soil Analysis. Part I. Agron. Monogr. 9. ASA. Madison, WI. Pp: 545-567.
5. Enríquez R., S. 1987. Carbonatos. In: A. Aguilar S., J. D. Etchevers B, y J. Z. Castellanos R. (eds.) Análisis químico para evaluar la fertilidad del suelo. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. Chapingo, Edo. De México. pp: 124-131.
6. FAO. 1991. Soil resources. An explanatory note on the FAO World Resources Mapa at 1:25 000 scale. World Resources Rep. 66. Food and Agricultural Organization of the United Nations. Rome, Italy. 58 pp.
7. Holmgren, G.G.S. 1973. Quantitative calcium carbonate equivalent determination in the field. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 37:304-307.
8. Orozco R., J. y Pérez Z, O. 2006. Tensión de humedad del suelo y fertilización nitrogenada en plátano (Musa AAA Simmonds) cv. Gran Enano. Agrociencia. Vol 40:149-162.
9. Pérez Z., O. 1999. Distribución y acumulación de carbonato de calcio en suelos de la llanura costera de Tecmán, Colima. Agrociencia 33:11-20.
10. Pérez Z., O. 2004. Descripción de los suelos referencia para planeación de la investigación y transferencia de tecnología en la llanura costera de Tecmán, Colima. Libro Científico núm. 1. Centro de Investigaciones del Pacífico Centro. INIFAP. , p. 11-41.
11. Schnitzer, M. 1982. Organic matter characterization. Part 2. 2 nd ed. Agron. Monogr. 9 ASA and SSSA, Madison, WI. Pp:581-594.
12. Shoeneberger, P. J., Wysocki, D. A. Benham, E.C., and Broderson., W.E. 2002. Field book for describing and sampling soils. Versión 20.0 Natural Resources Conservation Service, Ntional Soil Survey Center. Lincoln, NE. 400 pp.
13. Soil Survey Staff. 1992. Keys to Soil Taxonomy. SMSS. Tech. Monogr. 19. 5th ed. Pocahontas Press, Inc. Blacksburg, Virginia. USA. 541 p.
14. Soil Survey Staff. 2001. Soil Taxonomy. Second Edition Natural Resources Conservation Services. USDA. Agricultural Handbook Number 436. 869pp.
15. Thien, J. S. 1979. A flow diagram for teaching texture by-feel analysis. J. Agron. Education 8:54-55.



## **CULTIVO DE BANANO EN COAHUAYANA, MICHOACÁN, MÉXICO: 2. DISTRIBUCIÓN Y FORMACIÓN DE HORIZONTES CALCICOS**

### **BANANA PLANTATION IN COAHUAYANA, MICHOACÁN, MEXICO: 2. CALCIC HORIZONS, DISTRIBUTION AND FORMATION**

Octavio Pérez Zamora<sup>1</sup>; Jose Orozco Romero<sup>1</sup> & Ma. Remedios Cígales Rivero<sup>2</sup>

#### **SUMMARY**

Agricultural banana production systems grow in alkaline soils in Coahuayana, Mexico. Because of this, it is important to characterize and to classify the soils to establish the main soils constraints for banana production. Findings showed that numerous soils are used for banana (12 soil units of FAO system, 1991), and pH values are 7.3 to 8.8, and 8.1 to 9.3 for A and B horizons, respectively. Both, calcareous (pH < 8.5) and sodic soils were found (pH > 8.5); these last were found in present and recent alluvial fans, while the calcareous in young old fans. The pH, electrical conductivity and the sodium exchangeable increased with soil depth in sodic soils (Cambisols and Solonchack); in contrast these pH values were normal in calcareous soils. To correct soil physical constraints the use of engineering and soil amendments practices should be considered.

Keywords: soil correction, pedology, banana cultivation

#### **INTRODUCCIÓN**

En México el 95% de la producción de bananas se destina al consumo nacional. En la región del Pacífico Centro se cultiva el 20% de la fruta de banano del país, sin embargo, los rendimientos promedio de la región son bajos, 22.4ton/ha (Orozco y Pérez, 2006); esto se debe a que muchos de los suelos presentan condiciones alcalinas (Pérez, 2004); lo cual modifica las condiciones físicas y químicas de los suelos, afectando el crecimiento y nutrición del cultivo. La fuente de sales en la zona es el material parental y la proveniente del agua de riego (C<sub>3</sub>C<sub>4</sub>), asociado con alturas menores a 25 msnm, mantos freáticos someros (<1.5m), y presencia de estratos endurecidos.

La textura de los suelos en el área es migajón arcilloso y arcillosa; tienen características favorables para almacenar (de 150 a 203 mm m<sup>-1</sup>) agua de lluvia; en esta clase de textura se espera que prácticas de labranza adecuadas y el suministro de agua promuevan el desarrollo de raíces, ya éstas solo extraen agua a succiones cerca de capacidad de campo (Cooli *et al.*, 1976).

El objetivo del trabajo fue caracterizar, clasificar los suelos y determinar las principales limitantes físicas y químicas donde se cultiva banano en una de las principales regiones productoras del Pacífico Centro: Coahuayana, Michoacán, México.

#### **MATERIALES Y MÉTODOS**

Las actividades del estudio de campo fueron: 1. Excavación, descripción, registro y muestreo de cada uno de los horizontes del perfil (Soil Survey Staff, 2001); 2. Clasificación taxonómica de suelos en campo; y 3) Determinación de factores físicos y químicos limitantes del banano en la zona. La temperatura media anual es de 26°C y la precipitación de 940 mm; la topografía corresponde a secuencia de abanicos aluviales y terrazas con pendiente normal, menor a 1%; el material parental es aluvial de textura medio a grueso de rocas sedimentarias del cuaternario reciente.

La muestra de suelo de cada horizonte de los perfiles se secó al aire, a la sombra, se tamizaron en malla de 2mm y se procesaron en el laboratorio del Campo Experimental Tecmán-INIFAP. La textura del suelo se determinó por el método del hidrómetro después de dispersar el suelo con hexametáfosfato de sodio (Day, 1965). La materia orgánica con el procedimiento modificado Walkely-Black (Schnitzetr, 1982). El pH se midió en una proporción 1:1 suelo /agua (Malean, 1982). El carbonato de calcio, según Enríquez (1987); y la conductividad eléctrica, como lo describen Chavira y Castellanos (1987).

<sup>1</sup> INIFAP-Colima. Investigadores en Química y Fertilidad de Suelos. Km. 35 Carretera Colima a Manzanillo. Tecmán, Col. México. perez.octavio@inifap.gob.mx.

<sup>2</sup> Universidad de Colima. Profesor Fertilidad de Suelos. Km 40 Carretera Colima a Manzanillo. Tecmán, Col. México

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la zona se observaron 12 unidades de suelo del sistema FAO; los valores de materia orgánica están en el intervalo de pobre a muy pobre, que decrece con la profundidad. La conductividad eléctrica varía de  $<1.0$  a  $22.2 \text{ dS m}^{-1}$ , que corresponde a suelos normales y a suelos con problemas de sales; en todos los horizontes del perfil la saturación de bases es 100%; la textura del suelo es arcillo arenosa a arcillosa (de 41.9 a 81%); el porcentaje de sodio intercambiable es de 0 a 48%.

La reacción al HCl 1 N varió con profundidad del suelo y la distancia a la costa del mar; las superficies geomórficas observadas fueron abanicos aluviales: 1. presente, 2. reciente, 3. joven y 4. viejo; en el abanico aluvial presente y reciente la reacción al HCl fue fuerte a muy fuerte, pero solo en la capa superficial ( $< 0.4\text{m}$ ), observándose mantos freáticos a profundidad de 0.6 y 1.5m, respectivamente. Los suelos se identificaron localmente como El Ticuiz y La Peña del Mar, equivalentes a Solochak sódico y Cambisol sódico, respectivamente. Ambos están ubicados a 4 msnm.

Los suelos ubicados en el abanico aluvial joven y viejo fueron Almendra 1 (Calcisol lúvico) y El Gringo (Calcisol háplico), respectivamente; en éstos no se observó manto freático y la altura snm fue 10 y 15 m, respectivamente; la reacción al HCl fue muy fuerte a extremadamente fuerte para los horizontes A y B en Almendra 1, mientras que en El Gringo fue extremadamente fuerte; ambos suelos presentaron horizontes Argílicos con incrementos de arcilla de 8 y 28% de B con respecto a A, en Almendra y El Gringo, respectivamente.

En la Figura 1 se muestra la variación de pH con profundidad en algunos de los suelos seleccionados.

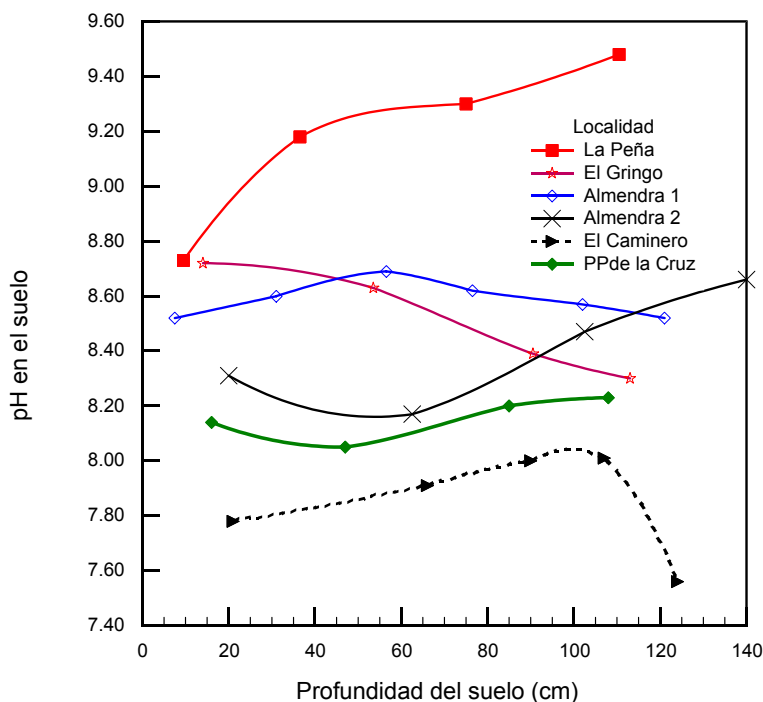


Figura 1. pH y profundidad del suelo. Octubre de 2005.

Se infiere, que suelos con valores de  $\text{pH} > 8.5$  pueden tener problemas de degradación del recurso, que afecten las propiedades físicas y el crecimiento del cultivo del banano; estos suelos requieren de atención inmediata para corregir el problema, mientras que suelos que aun no se plantan con banano deben mantenerse en esa situación. Suelos con  $\text{pH} < 8.5$ , donde el pH está gobernado por el carbonato de calcio, presentan buenas condiciones físicas, que podrían mejorar su fertilidad mediante el empleo de mejoradores ácidos del suelo, como azufre, ácido sulfúrico, polisulfuro de amonio, entre otros.

En la Figura 2 se muestra la distribución de la materia orgánica y la profundidad del suelo. En todos los suelos de Coahuayana la materia orgánica decrece a valores menores a 1%; estos valores representan bajos contenidos, pobre y muy pobre calidad del recurso suelo; en consecuencia, requieren de prácticas de manejo que mejoren el recurso edáfico. Dichas prácticas comprenden la

incorporación de residuos orgánicos, tanto de los generados en el sistema de producción como aquellos externos, abonos, estiércoles y compostas.

El decremento mayor en el contenido de materia orgánica se registró en el sitio denominado La Peña; esto se explica por las condiciones sódicas del suelo (Figura 1) que favorecen la hidrólisis de compuestos orgánicos; el decremento guardó relación lineal con el incremento del pH y la profundidad del suelo. Esta situación corrobora la necesidad de aplicar medidas correctivas para solucionar problemas de sodicidad; para esto se debe de incluir drenaje, uso de mejoradores de suelo tanto orgánicos como químicos.

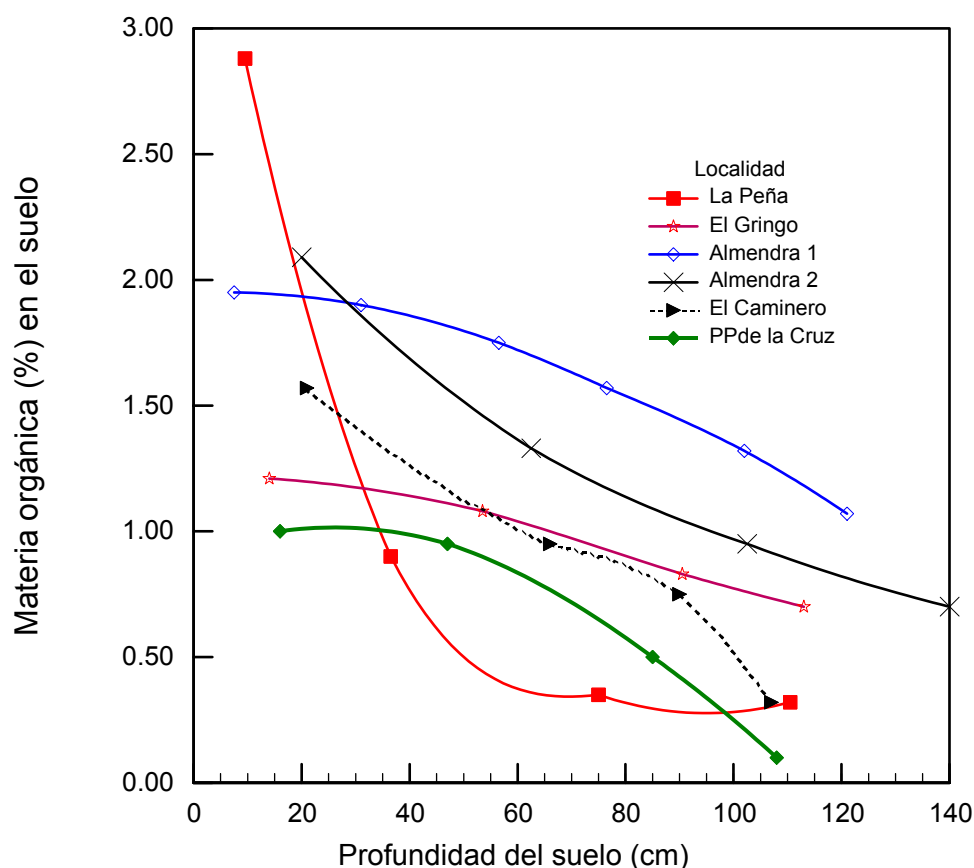


Figura 2. Distribución del contenido de materia orgánica y profundidad del suelo. Octubre de 2005.

## CONCLUSIONES

1. En el estudio se determinó la distribución y formación de horizontes cálcicos; estos se asociaron con Cambisoles, Feozems, Fluvisoles y Calcisoles.
2. Los horizontes cálcicos mostraron relación con la edad y desarrollo del suelo y con la distancia a la costa del mar.
3. El diagnóstico del estudio mostró que se requiere el uso de mejoradores de suelo y prácticas de ingeniería para la eliminar sales y neutralizar el efecto sódico, que impida o al menos atenué el proceso de degradación del suelo en Coahuayana.
4. El mejoramiento de los suelos contribuiría incrementar tanto la productividad como la calidad del recurso suelo en Coahuayana, Michoacán, México.

## REFERENCIAS

1. Bridges, E. M. 1990. Soil horizons designations. Technical Paper 19. ISRC. Wageningen. 111pp.
2. Cahavira R., J. Gpe. y J. Castellanos R. 1987. Sales solubles. In: A. Aguilar S., J. D. Etchevers B, y J. Z. Castellanos R. (eds.) Análisis químico para evaluar la fertilidad del suelo. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. Chapingo, Edo. De México. pp: 109-124.
3. Climo, W. J. 1982. Qualitative assessment to soil structure using flow diagram. J. Agron. Education 11:54-59.
4. Day, P. R. 1965. Particle fractionation and particle analysis. In: C.A., D. D. Evans, and J. L. White (eds.) Methods of Soil Analysis. Part I. Agron. Monogr. 9. ASA. Madison, WI. Pp: 545-567.
5. Enríquez R., S. 1987. Carbonatos. In: A. Aguilar S., J. D. Etchevers B, y J. Z. Castellanos R. (eds.) Análisis químico para evaluar la fertilidad del suelo. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. Chapingo, Edo. De México. pp: 124-131.
6. FAO. 1991. Soil resources. An explanatory note on the FAO World Resources Mapa at 1:25 000 scale. World Resources Rep. 66Food and Agricultural Organization of the United Nations. Rome, Italy. 58 pp.
7. FAO. 1991. Soil resources. An explanatory note on the FAO World Resources Mapa at 1:25 000 scale. World Resources Rep. 66. Food and Agricultural Organization of the United Nations. Rome, Italy. 58 pp.
8. Holmgren, G.G.S. 1973. Quantitative calcium carbonate equivalent determination in the field. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 37:304-307.
9. Orozco R., J. y Pérez Z., O. 2006. Tensión de humedad del suelo y fertilización nitrogenada en plátano (Musa AAA Simmonds) cv. Gran Enano. Agrociencia. Vol 40:149-162.
10. Orozco R., J. y Pérez Z., O. 2006. Tensión de humedad del suelo y fertilización nitrogenada (Musa AAA Simmonds) cv. Gran Enano. Agrociencia. Vol 40:149-162.
11. Pérez Z., O. 1999. Distribución y acumulación de carbonato de calcio en suelos de la llanura costera de Tecmán, Colima. Agrociencia 33:11-20.
12. Pérez Z., O. 2004. Descripción de los suelos referencia para planeación de la investigación y transferencia de tecnología en la llanura costera de Tecmán, Colima. Libro Científico núm. 1. Centro de Investigaciones del Pacífico Centro. INIFAP. p. 11-41.
13. Pérez Z., O. 2004. Descripción de los suelos referencia para planeación de la investigación y transferencia de tecnología en la llanura costera de Tecmán, Colima. Libro Científico núm. 1. Centro de Investigaciones del Pacífico Centro. INIFAP. , p. 11-41.
14. Schnitzer, M. 1982. Organic matter characterization. Part 2. 2 nd ed. Agron. Monogr. 9 ASA and SSSA, Madison, WI. Pp:581-594.
15. Shoeneberger, P. J., Wysocki, D. A. Benham, E.C., and Broderson., W.E. 2002. Field book for describing and sampling soils. Versión 20.0 Natural Resources Conservation Service, Ntcional Soil Survey Center. Lincoln, NE. 400 pp.
16. Soil Survey Staff. 1992. Keys to Soil Taxonomy. SMSS. Tech. Monogr. 19. 5th ed. Pocahontas Press, Inc. Blacksburg, Virginia. USA. 541 p.
17. Soil Survey Staff. 2001. Soil Taxonomy. Second Edition Natural Resources Conservation Services. USDA. Agricultural Handbook Number 436. 869pp.
18. Soil Survey Staff. 2001. Soil Taxonomy. Second Edition Natural Resources Conservation Services. USDA. Agricultural Handbook Number 436. 869pp.
19. Thien, J. S. 1979. A flow diagram for teaching texture by-feel analysis. J. Agron. Education 8:54-55.

**EFFECTO DE DIFERENTES SUSTRATOS Y DOSIS DE NITROGENO SOBRE  
EL DESARROLLO DE PLANTAS DE BANANO (*Musa* AAA) EN ETAPA DE VIVERO****EFFECTS OF DIFFERENTS SUBSTRATES AND NITROGEN DOSIS ON  
BANANA PLANT DEVELOPMENT (*Musa* AAA) AT NURSERY STATE**

Gustavo Rodríguez<sup>1</sup> & Ramírez Henry<sup>1</sup>

**RESUMEN**

En una unidad de producción de banano de exportación, denominada Agropecuaria Punta Larga, ubicada en el estado Aragua, Venezuela; se evaluó el efecto de diferentes sustratos y dosis de nitrógeno sobre aspectos morfológicos y nutricionales en plantas de banano 'Gran Enano' en fase de vivero. Los sustratos fueron arena y cascarilla de arroz (1:1) y aserrín de coco y arena (1:1). Las dosis de nitrógeno consistieron en 0, 7, 14 y 21 g N/planta/ciclo. El lapso de evaluación fueron 12 semanas, cuantificando variables de crecimiento del cultivo, biomasa de parte aérea y radical y contenido de nitrógeno foliar. Los resultados demuestran que el sustrato más favorable para el desarrollo de las plantas fue el aserrín y arena (1:1) expresado por los mayores valores de altura de planta, biomasa aérea y radical, número de hojas y área foliar. En cuanto a las dosis de nitrógeno, la más adecuada para el cultivo fue 7 g N/planta/ciclo. El tratamiento con las mejores condiciones de desarrollo en la planta fue T6 (sustrato arena y aserrín y 7 g N/planta/ciclo), en comparación al resto de los tratamientos y al manejo convencional del vivero dentro de la unidad de producción donde se ejecutó el ensayo.

**SUMMARY**

In a commercial farm for exporting bananas, named Agropecuaria Punta Larga, located in Aragua State Venezuela; the effect of different soil substrate and nitrogen rates on the anatomy and nutritional status of Gran Nain clone banana plants, at nursery state were studied. The substrates were sand and rice husk (1:1) and coconut husk saw-dust and sand (1:1). The nitrogen rates used were 0, 7, 14 and 21 g/N/plant/cycle. The evaluation period was of about 12 weeks. The growth rate, the canopy and root growth, and the N leaf content were measured. Result showed that the most favorable substrate was sawdust and sand (1:1) expressed by a larger plant height, canopy and root growth, leaf number and leaf surface. The most adequate N rate for the crop was 7 g/N/plant/cycle. The best treatment condition for plant development was T6 (sawdust and sand, and 7 g/N/plant/cycle as compared with the rest of the treatments.

Keywords: phenology, plant management, fertilizers

**INTRODUCCION**

La información referente al manejo de fertilización en plantas en fase de vivero es escasa y dispersa. Las prácticas aplicadas se caracterizan fundamentalmente por ser empíricas y sin criterios adecuados en cuanto a la producción de calidad y eficiencia productiva. Por otra parte, el uso de sustratos adecuados que faciliten una rápida brotación y desarrollo posterior de la planta en fase de vivero, es un paso clave en la consecución de plantas de calidad para ser luego llevadas al sitio definitivo en campo.

Dentro del sistema de producción del banano, unos de los aspectos que tiene una marcada influencia en el desarrollo de la plantación, es la forma de propagación, la cual puede ser mediante el uso de plantas obtenidas "in vitro" o a través de la selección de cormos de buena calidad, tamaño y vigor. Para ello, a la semilla es necesario suplirle de todas aquellas condiciones (humedad, nutrientes, sustratos, entre otros), que favorezcan un crecimiento inicial rápido, vigoroso y uniforme de las plantas en condición de vivero, para posteriormente ser llevadas con éxito al sitio definitivo en el campo.

<sup>1</sup> Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Av. Universidad, El Limón. Maracay, estado Aragua. Apdo. postal 4579. rodriguezg@agr.ucv.ve.



Por otra parte, el nitrógeno forma parte de la estructura de compuestos biológicos importantes como son los aminoácidos, proteínas, ácidos nucleicos, vitaminas, reguladores de crecimiento, fosfolípidos y clorofila (Soto, 1985). Este elemento es absorbido por las plantas principalmente en forma de nitratos, y en menor cantidad en forma de amonio; luego es reducido y transformado a compuestos más complejos y finalmente en proteínas, las cuales, dentro de las células vegetales son de naturaleza funcional más que estructural. La mayoría de estas proteínas son enzimas que controlan los procesos metabólicos de las plantas. En líneas generales, una adecuada suplencia de nitrógeno al cultivo estará asociada con un desarrollo vegetativo vigoroso, racimos de mayor peso y número de manos (Trujillo, 1985).

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Ubicación del ensayo.

La presente investigación se realizó en una unidad de producción agrícola denominada Agropecuaria Punta Larga, la cual se encuentra ubicada en el Municipio Libertador, carretera vía Palo Negro – Magdalena, Estado Aragua, Venezuela.

### Descripción del ensayo.

El ensayo se realizó bajo un diseño de Bloques al Azar con 3 repeticiones en arreglo de tratamientos factorial  $2 \times 4$  (dos sustratos y cuatro dosis de nitrógeno) para un total de 8 tratamientos. La unidad experimental estuvo conformada por 10 plantas/tratamiento. Los bloques fueron separados a 1,50 metros, cada uno con un total de 80 plantas efectivas. El número de plantas totales fue de 240 en un área de  $36 \text{ m}^2$ .

Las semillas utilizadas fueron extraídas de lotes previamente seleccionados por su rendimiento, producción, vigor y calidad fitosanitaria. La semilla provino de hijos de espadas, con pesos entre 200 g y 300 g, los cuales fueron extraídos cuidadosamente para no dañar el cormo, tanto de la semilla como el de la planta madre. Posteriormente, fueron trasladadas al vivero y se ubicaron en la sombra para realizar su acondicionamiento respectivo.

Las labores agronómicas que se realizaron en el ensayo en cuanto a frecuencia de aplicación de fertilizantes sólidos y foliares, riego, acondicionamiento y desinfección de las semillas, fueron similares al manejo convencional dado en la finca.

### Tratamientos

Los tratamientos evaluados estuvieron conformados por sustratos y dosis de nitrógeno, los cuales fueron los siguientes:

#### Sustratos:

Arena + Cascarilla de arroz (1:1)

Arena + Aserrín de Coco (1:1)

#### Dosis de nitrógeno total durante el periodo de evaluación:

Cero (0) g /planta

Siete (7) g /planta

Catorce (14) g /planta

Veintiún (21) g /planta

Es conveniente destacar, que de estas dosis se desprenden algunos detalles importantes, en cuanto a la cantidad y tipo de fertilizante aplicado en cada semana a las plantas del ensayo, tal como se muestra en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Cantidad y tipo de fertilizante aplicado/planta/semana durante el periodo de evaluación

| Dosis de N (g) durante al periodo de evaluación | Dosis de N/planta/semana (g) | Dosis de Urea/planta/semana (g) |
|-------------------------------------------------|------------------------------|---------------------------------|
| 0                                               | 0                            | 0                               |
| 7                                               | 0,58                         | 1,26                            |
| 14                                              | 1,16                         | 2,52                            |
| 21                                              | 1,75                         | 3,80                            |

#### Descripción de los tratamientos:

Derivado de la interacción entre los factores sustratos y dosis de nitrógeno se generaron los siguientes tratamientos:

- T1: Arena + Cascarilla de arroz (1:1) + 0 g/planta/ciclo
- T2: Arena + Cascarilla de arroz (1:1) + 7 g/planta/ciclo
- T3: Arena + Cascarilla de arroz (1:1) + 14 g/planta/ciclo
- T4: Arena + Cascarilla de arroz (1:1) + 21 g/planta/ciclo
- T5: Arena + Aserrín de Coco (1:1) + 0 g/planta/ciclo
- T6: Arena + Aserrín de Coco (1:1) + 7 g/planta/ciclo
- T7: Arena + Aserrín de Coco (1:1) + 14 g/planta/ciclo
- T8: Arena + Aserrín de Coco (1:1) + 21 g/planta/ciclo

Para establecer una comparación con los tratamientos seleccionados, se evaluó un testigo absoluto o convencional, el cual estuvo representado por el manejo convencional de la unidad de producción con un total de 10 plantas como unidad experimental, dado por las siguientes características: arena + cascarilla de arroz (1:1), fertilización basada en fórmula 16-16-16 CP a una dosis de 2,48 g/planta/semana, (equivalente a 0,40 g de nitrógeno/planta/semana) para un total durante el ciclo (3 meses) de 4,8 g de nitrógeno, fósforo y potasio. En dicho sistema, se procedió a realizar las mismas evaluaciones que en los tratamientos señalados, para establecer las comparaciones necesarias.

#### Variables evaluadas en el cultivo:

Altura de la planta (cm). Se midió con una cinta métrica, desde la base del pseudotallo hasta la inserción del pecíolo de la hoja más reciente, con frecuencia semanal, durante 12 semanas a partir del momento de la brotación.

Perímetro del pseudotallo (cm). Con una cinta métrica, se midió el perímetro del pseudotallo a una altura constante de aproximadamente 5 cm desde la base del pseudotallo, con frecuencia semanal, durante 12 semanas a partir del momento de la brotación.

Número de Hojas. Se cuantificó el número de hojas que desplegaron durante todo el periodo de evaluación (12 semanas), con frecuencia semanal.

Área foliar (cm<sup>2</sup>). Con una cinta métrica se midió el ancho máximo de la hoja y la longitud desde el ápice hasta la parte basal (hoja número 3), en el punto donde el semilimbo llega a la nervadura central en forma redondeada formando casi un ángulo recto. Esta determinación se realizó al final del lapso de evaluación. El área foliar se calculó mediante la siguiente fórmula (Obispo, 1984):

AF:  $L * A * 0,8$ , donde:

AF: área foliar (cm<sup>2</sup>)

L: largo de la hoja (cm)

A: ancho de la hoja (cm)

Biomasa aérea (g). Se cuantificó el peso fresco y seco de la parte aérea separando hojas (lámina mas pecíolo) y pseudotallo, al final del ciclo de evaluación. Para el peso seco se trasladaron los tejidos al laboratorio en bolsas de papel y se colocaron en estufa durante 72 horas a 105 °C, hasta obtener peso constante.

Biomasa subterránea (g). Se cuantificó el peso fresco y seco de la parte subterránea (cormo y raíces) de la planta por 72 horas a 105 °C, al final del ciclo de evaluación.

Relación parte aérea / parte radical: se calculó dividiendo el peso seco de la parte aérea entre el peso seco de la parte radical, una vez culminado el ciclo de evaluación.

Contenido de nitrógeno total en hoja (%). Se tomó una muestra compuesta proveniente de 6 plantas para cada tratamiento y bloque. Para ello, se cortó la sección de la parte media de ambos semilimbos de la hoja número 3 al final del periodo de evaluación (12 semanas)

Coefficiente de esbeltez: se determinó siguiendo la metodología descrita por Birchler *et al.*, (1998):

CE:  $A/D$ , donde:

CE: coeficiente de esbeltez

A: Altura (cm)

D: diámetro (mm)

Índice de Calidad de Dickson: se calculó mediante la fórmula de Dickson, citada por Birchler *et al.*, (1998):

IC: PFP/ (CE + AR), donde:

IC: índice de calidad

PFP: peso seco total de la planta entera (g)

CE: coeficiente de esbeltez

AR: relación parte aérea / parte radical, en base a peso seco.

Variables evaluadas en los sustratos:

Al inicio de la evaluación, se procedió a realizar un análisis de rutina a los sustratos evaluados: Arena + Cascarilla de arroz (1:1) y Arena + Aserrín de Coco (1:1), determinando los siguientes parámetros:

- Nitrógeno (% N p/p): método de Kjeldhal modificado.
- Fósforo (%  $P_2O_5$  p/p): extracción ácida Carolina del Norte. Método colorimétrico.
- Potasio (%  $K_2O$  p/p): mediante el uso de un equipo de absorción atómica.
- pH: suelo: agua en relación 1:2
- Conductividad eléctrica (CE  $ds.m^{-1}$ ): suelo: agua en relación 1:2

Análisis estadístico

Previo comprobación de los supuestos del análisis de varianza, se procedió a realizar el ANOVA utilizando el programa SAS versión 7.0, con un nivel de significación al 5 %. Posteriormente se realizaron las pruebas de medias por Tukey al mismo porcentaje de significación. Seguidamente, se realizó un análisis de correlación lineal múltiple de las variables estudiadas mediante la prueba de Pearson al 5 % de significancia.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

I.- Variables morfométricas de la planta

I.a.- Altura de la planta

En el factor nitrógeno, analizado en forma individual, los resultados obtenidos reflejan que en las primeras 7 semanas el nitrógeno aplicado no influyó de manera significativa en la altura de la planta. Mientras que partir de la semana 7, el efecto del nitrógeno actuó de forma significativa en la altura de la planta, siendo la dosis (7 g N /planta/ciclo) la que provocó la mayor altura (Figura 1). Es importante señalar, que la menor altura se obtuvo con la dosis 0 g N/planta/ciclo, lo cual coincide con lo establecido por (Vargas y Solís, 1998) quienes señalan que una deficiencia de nitrógeno provoca una reducción del crecimiento de la planta.

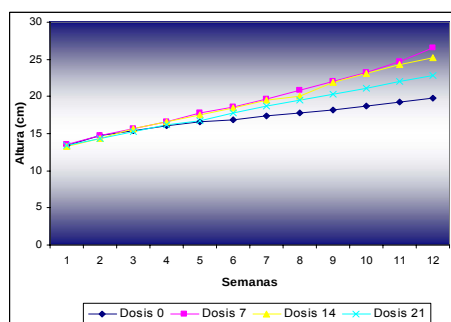


Figura 1. Alturas de plantas de banano en fase de vivero para cada tratamiento por semana durante el ciclo de evaluación

En la Figura 2, se puede observar en forma general, última fecha de evaluación, que fue la dosis 7 g/planta/ciclo la que provocó la mayor altura de la planta, disminuyendo ligeramente a medida que se aumentó la dosis de nitrógeno. Vale la pena, mencionar que las diferencias entre el valor de altura encontrado en la dosis 7 g N/planta/ciclo y el tratamiento sin aplicación, alcanza alrededor de un 25 %, lo cual hace pensar la importancia de este nutrimento en el desarrollo de la planta de banano.

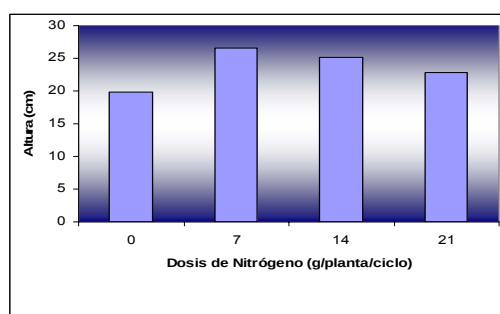


Figura 2. Altura de plantas de banano en fase de vivero para el factor dosis de nitrógeno al final del ciclo de evaluación.

Con relación al factor sustrato, se tiene que para la mayoría de las fechas de evaluación (10 de las 12 semanas evaluadas), existen diferencias significativas entre los dos sustratos empleados, destacando la altura de la planta en el sustrato Arena + Aserrín (Cuadro 1),

Cuadro 1. Valores de altura de la planta de banano de acuerdo al tipo de sustrato evaluados en fase de vivero al final del ciclo de evaluación

| Sustrato           | Altura de planta (cm) |
|--------------------|-----------------------|
| Arena + Cascarilla | 22,18 (b)             |
| Arena + Aserrín    | 25,07 (a)             |

Letras iguales forman grupos homogéneos de acuerdo con la prueba de Tukey,  $\alpha = 0,05$

De lo anteriormente descrito se infiere que el factor sustrato juega un papel determinante desde las primeras etapas de desarrollo de la planta en etapa de vivero, el cual debe ser elegido de manera tal que favorezca un rápido crecimiento y desarrollo de yemas y posteriormente de la parte aérea de la planta. En cuanto al análisis de correlación, la altura de la planta mostró estar correlacionada positivamente con el nitrógeno en la hoja, perímetro del pseudotallo, número de hojas, área foliar, peso fresco de la hoja, peso fresco del pseudotallo, peso fresco de las raíces y peso seco de las hojas, lo cual indica que la altura de la planta representa una variable que brinda una información amplia sobre el vigor de la planta de banano en fase de vivero.

#### I.b.- Perímetro del pseudotallo

En la Figura 3, se observa que el perímetro del pseudotallo no muestra una tendencia clara con respecto a las dosis de nitrógeno evaluadas; sin embargo, el menor valor de perímetro se corresponde con la mayor dosis de nitrógeno, lo cual sugiere una relación inversamente proporcional en altas dosis.

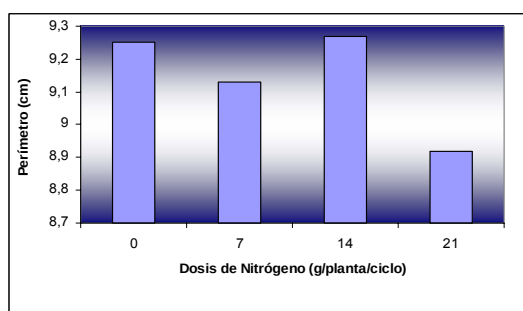


Figura 3. Perímetro del pseudotallo con el factor dosis de nitrógeno al final del ciclo de evaluación de plantas de banano en fase de vivero.

Con respecto al factor sustrato, I observar las pruebas de medias para el factor sustrato al final del periodo de evaluación, la Arena + Aserrín generó un ligero aumento del perímetro del pseudotallo (Cuadro 2).

Cuadro 2. Valores de perímetro del pseudotallo acuerdo al tipo de sustrato en fase de vivero al final del ciclo de evaluación

| Sustrato           | Perímetro del pseudotallo (cm) |
|--------------------|--------------------------------|
| Arena + Cascarilla | 8,88                           |
| Arena + Aserrín    | 9,41                           |

Letras iguales forman grupos homogéneos de acuerdo con la prueba de Tukey,  $\alpha = 0,05$

#### I.c.- Número de hojas

El número de hojas es importante en la predicción del rendimiento, indicador en el peso del racimo y en las deficiencias de nitrógeno, por lo que su determinación arroja informaciones importantes (Sosa, 1982). Los resultados reflejan que la interacción sustrato y dosis fue no significativa, indicando que ambos factores actúan de forma independiente sobre el número de hojas. Con respecto al efecto de las dosis de nitrógeno sobre el número de hojas, las dosis 7 y 14 g N/planta/ciclo fueron las que produjeron mayor número de ellas, lo cual se puede observar en la Figura 4.

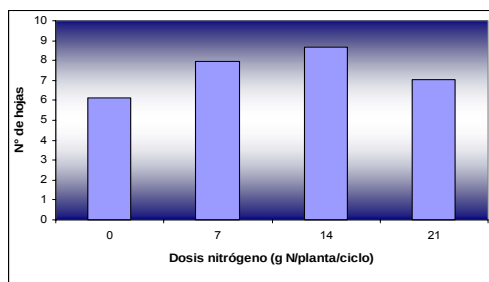


Figura 4. Número de hojas en plantas de banano en fase de vivero para el factor dosis de nitrógeno al final del ciclo de evaluación.

En cuanto al factor sustrato, se encontraron diferencias significativas, siendo la mezcla Arena + Aserrín la que favoreció la mayor emisión de hojas en las plantas de banano (Cuadro 3).

Cuadro 3. Valores de número de hojas en plantas de banano de acuerdo al tipo de sustrato evaluado en fase de vivero.

| Sustrato           | Número de hojas |
|--------------------|-----------------|
| Arena + cascarilla | 7.1575 (b)      |
| Arena + Aserrín    | 7.7708 (a)      |

Letras iguales forman grupos homogéneos de acuerdo con la prueba de Tukey,  $\alpha = 0,05$

#### I.d. Área foliar

El área foliar determina la acumulación de materia seca, metabolismo de carbohidratos, rendimiento y calidad del fruto, es considerado como un parámetro esencial del análisis del crecimiento (Cuyares, 1984). En el análisis de varianza se observó que la interacción sustrato y dosis fue no significativa para la variable área foliar, así como también para el efecto del nitrógeno, excepto el factor sustrato que sí produjo diferencias significativas en esta variable. Sin embargo, para el factor nitrógeno en la Figura 5 se observa que la dosis 7 g N/planta/ciclo fue la que produjo valor ligeramente superior al resto de las dosis evaluadas. Es importante señalar que dosis superiores a la señalada, producen una reducción en el área foliar, llegando la dosis de 21 g N/planta/ciclo a ser incluso inferior a la dosis 0 g N/planta/ciclo.

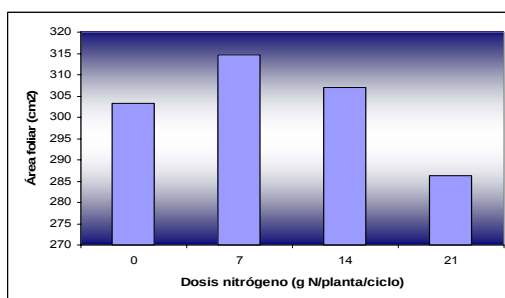


Figura 5. Área foliar para el factor dosis de nitrógeno en plantas de banano al final del ciclo de evaluación.



En lo que concierne al factor sustrato, la mezcla Arena + Aserrín fue donde se encontraron las plantas con mayor área foliar, por lo que dicho sustrato es el que mejor favorece el desarrollo de las hojas (Cuadro 4).

Cuadro 4. Valores de área foliar en plantas de banano en fase de vivero de acuerdo al tipo de sustrato evaluado al final del ciclo de evaluación.

| Sustrato           | Área Foliar (cm <sup>2</sup> ) |
|--------------------|--------------------------------|
| Arena + cascarilla | 268.36 (b)                     |
| Arena + Aserrín    | 337.25 (a)                     |

Letras iguales forman grupos homogéneos de acuerdo con la prueba de Tukey,  $\alpha = 0,05$

## II.- Biomasa de las diferentes partes vegetativas en plantas de banano

### Ila.- Peso fresco y seco de las hojas (lámina foliar mas pecíolo)

Para la variable peso fresco de las hojas la interacción sustrato \* dosis fue no significativa, indicando que ambos factores actúan de forma independiente (Cuadro 5).

Cuadro 5. Resumen de aspectos estadístico para la variable peso fresco y seco de las hojas.

|         | Peso fresco |         |          | Peso seco |         |          |
|---------|-------------|---------|----------|-----------|---------|----------|
|         | D*S         | Dosis N | Sustrato | D*S       | Dosis N | Sustrato |
| Fc      | 1,23        | 2,09    | 29,24    | 3,78      | 1,71    | 3,99     |
| P< 0,05 | ns          | Ns      | *        | *         | ns      | Ns       |
| % CV    | 10,09       |         |          | 18,31     |         |          |

(\*) Diferencias significativas entre tratamientos con  $\alpha = 0,05$ .

Por otro lado, al observar las pruebas de medias para cada tratamiento con relación al peso fresco y seco de las hojas (Figura 6), los mayores valores se alcanzaron en los tratamientos que contienen el sustrato Arena + Aserrín, siendo los tratamientos 6 y 7 (7 y 14 g N/planta/ciclo respectivamente), los más destacados, en comparación a los tratamientos con Arena + Cascarilla e incluso, al testigo convencional.

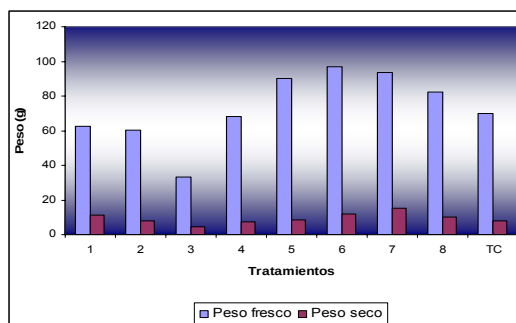


Figura 6. Peso fresco y seco de las hojas para cada tratamiento al final del ciclo de evaluación en fase de vivero.

### II.b.- Peso fresco y seco del pseudotallo

Al igual que la variable anterior, la interacción sustrato y dosis resultó ser no significativa, por lo cual se deduce que ambos factores actúan de forma independiente sobre el peso fresco y seco del pseudotallo (Cuadro 6).

Cuadro 6. Resumen de aspectos estadísticos para la variable peso fresco y seco del pseudotallo.

|         | Peso fresco |         |          | Peso seco |         |          |
|---------|-------------|---------|----------|-----------|---------|----------|
|         | D*S         | Dosis N | Sustrato | D*S       | Dosis N | Sustrato |
| Fc      | 1,30        | 4,81    | 31,65    | 1,20      | 1,22    | 0,04     |
| P< 0,05 | Ns          | *       | *        | ns        | Ns      | ns       |
| % CV    | 17,21       |         |          | 20,18     |         |          |

(\*) Diferencias significativas entre tratamientos con  $\alpha = 0,05$ .

Por otra parte, en cuanto al factor dosis de nitrógeno sobre la variable peso fresco del pseudotallo, se tiene que influyó en forma significativa, correspondiendo el mayor valor para la dosis 7 g N/planta/ciclo.

## II.c.- Peso fresco y seco del cormo

Los efectos de sustrato y dosis de nitrógeno sobre la expresión de esta variable no desarrollaron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos. Este comportamiento es de esperarse ya que el cormo funciona como una estructura de reserva para garantizar el suministro de energía para la brotación y desarrollo inicial del brote, luego cuando este se hace independiente del cormo al emitir raíces funcionales, comienzan a intervenir de manera funcional los factores de nutrición.

Cuadro 7. Valores de peso fresco y seco del cormo en plantas de banano de acuerdo al tipo de sustrato en fase de vivero

| Sustrato           | P. Fresco | P. Seco |
|--------------------|-----------|---------|
| Arena + Cascarilla | 380,58    | 94,13   |
| Arena + Aserrín    | 396,82    | 71,61   |

Cuadro 8. Resumen de aspectos estadísticos para la variable peso fresco y seco del cormo

|         | Peso fresco |         |          | Peso seco |         |          |
|---------|-------------|---------|----------|-----------|---------|----------|
|         | D*S         | Dosis N | Sustrato | D*S       | Dosis N | Sustrato |
| Fc      | 0,35        | 2,31    | 0,19     | 1,02      | 1,28    | 0,95     |
| P< 0,05 | ns          | ns      | Ns       | ns        | Ns      | Ns       |
| % CV    | 58,17       |         |          | 68,11     |         |          |

(\*) Diferencias significativas entre tratamientos con  $\alpha=0,05$ .

## II.d.- Peso fresco y seco de las raíces

En el cuadro 9 se observa que las diferencias significativas fueron encontradas para los factores por separado solamente en el caso de peso fresco radical.

Cuadro 9. Resumen de aspectos estadísticos para la variable peso fresco y seco de las raíces

|         | Peso fresco |         |          | Peso seco |         |          |
|---------|-------------|---------|----------|-----------|---------|----------|
|         | D*S         | Dosis N | Sustrato | D*S       | Dosis N | Sustrato |
| Fc      | 1,88        | 3,78    | 11,01    | 120       | 0,83    | 0,38     |
| P< 0,05 | Ns          | *       | *        | ns        | ns      | ns       |
| % CV    | 15,18       |         |          | 17,12     |         |          |

(\*) Diferencias significativas entre tratamientos con  $\alpha=0,05$ .

Tal como se observa en la Figura 7, la dosis 7 g N/planta/ciclo, fue la generó mayor peso fresco de las raíces. Después de dicha dosis el peso fresco empezó a disminuir, lo cual indica que dicha dosis, es la mas favorable para la presente variable, bajo las condiciones de esta investigación.

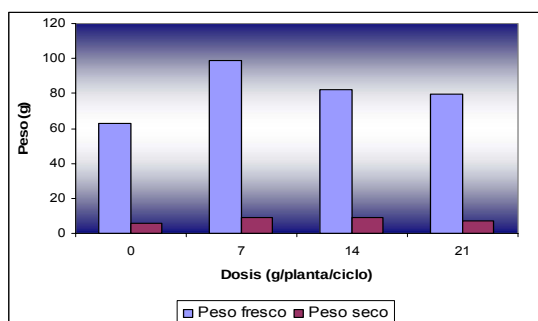


Figura 7. Peso fresco y seco de las raíces para el factor dosis de nitrógeno en plantas de banano en fase de vivero.

En lo que concierne al factor sustrato, se encontraron diferencias significativas para el peso fresco de las raíces tal como se observa en el Cuadro 10, siendo la mezcla Arena + Aserrín la que favoreció en el mayor peso fresco de las raíces. Con respecto al peso seco, también la Arena + Aserrín resultó ser

el sustrato donde hubo mayor peso seco, aunque estadísticamente las diferencias no fueron significativas al 5 %.

Cuadro 10. Valores de peso fresco y seco de las raíces en plantas de banano de acuerdo al tipo de sustrato evaluados en fase de vivero

| Sustrato           | P. fresco | P. seco |
|--------------------|-----------|---------|
| Arena + Cascarilla | 68,29 (b) | 7,13    |
| Arena + Aserrín    | 93,13 (a) | 8,06    |

### III.- Aspectos nutricionales en el cultivo y sustrato

#### III.a.- Nitrógeno total en la hoja

El diagnóstico del nitrógeno en la hoja es una herramienta importante para predecir rendimientos en banano, ya que tiene una relación lineal y positiva con el área foliar, crecimiento, número de hojas y con la eficiencia del plan de fertilización (Soto, 1985).

En esta variable, el análisis de la varianza arrojó diferencias significativas solo para el factor sustrato, mientras que para las interacciones sustrato y dosis, el factor dosis de nitrógeno, las diferencias no fueron estadísticamente significativas. No obstante, en la Figura 8 se puede decir que los valores de porcentaje de nitrógeno en la hoja 3 se encuentran en los rangos óptimos de suficiencia (3,30 – 3,70 %), señalado por Solórzano (2003), excepto en los tratamientos que contienen 0 g N/planta/ciclo, cuyos valores se encontraron por debajo de los niveles antes señalados, destacando el tratamiento 7 (14 g N/planta/ciclo) con el mayor valor de porcentaje de nitrógeno foliar.

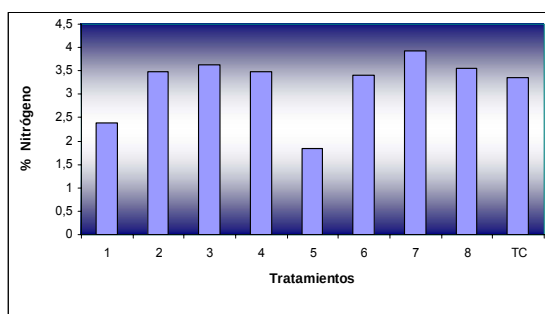


Figura 8. Porcentaje de nitrógeno en la hoja número 3 en plantas de banano en fase de vivero para cada tratamiento.

Con respecto al factor nitrógeno en la Figura 9 se puede observar que la dosis 14 g N/planta/ciclo produjo el mayor porcentaje de nitrógeno en la hoja, mientras que en la dosis 0 g N/planta/ciclo se obtuvo el menor valor.

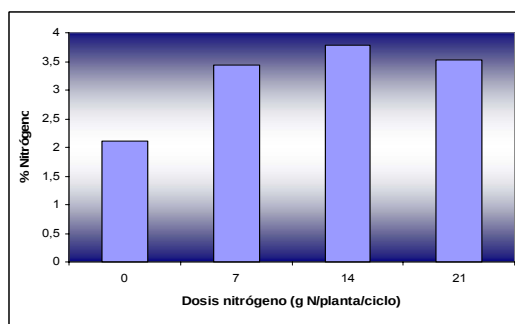


Figura 9. Porcentaje de nitrógeno en la hoja (3) en plantas de banano en fase de vivero para el factor dosis de nitrógeno al final del ciclo de evaluación

En lo que concierne al análisis de correlación, el nitrógeno foliar, presentó una correlación positiva y significativa al 5 % con las variables altura de planta y número de hojas, lo cual indica que el

nitrógeno promueve marcadamente el crecimiento y la emisión de hojas en plantas de banano en fase de vivero, siendo esto señalado por Soto (1985), indicando que el nitrógeno actúa sobre el crecimiento de la planta y la tasa de producción de hojas, en forma más notable que cualquier otro nutrimento

### III.b.- Caracterización químicas de los sustratos al inicio de la evaluación

En el cuadro 11, se observa que el sustrato Arena + Cascarilla de Arroz (1:1), presenta un contenido nutricional muy bajo, lo cual es de esperarse en este tipo de sustrato, ya que esta constituido por materiales que por su naturaleza no contienen cantidades importantes de nutrimentos. Con respecto al sustrato Arena + Aserrín de Coco (1:1), presentó un valor neutro de pH y bajos contenidos de nitrógeno, fósforo, potasio calcio y magnesio. Las características químicas resaltantes, radica en los contenidos de sales y sodio, lo cual es de esperarse debido a las propiedades químicas naturales que presenta el aserrín de coco, coincidiendo estos resultado con lo señalado por Salgado (2000). Sin embargo, en los tratamientos evaluados, no se observaron síntomas que reflejaran efectos negativos, específicamente con el sodio.

Cuadro 11. Caracterización química inicial de los sustratos evaluados en plantas de banano en fase de vivero.

| Sustrato                          | pH<br>(1:2) | CE (dS/m)<br>(1:2) | % p/p      |                                        |                           |       |      |      |
|-----------------------------------|-------------|--------------------|------------|----------------------------------------|---------------------------|-------|------|------|
|                                   |             |                    | N<br>total | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub><br>total | K <sub>2</sub> O<br>total | CaO   | MgO  | Na   |
| Arena + Cascarilla de arroz (1:1) | 7,08        | 0,31               | 0,092      | 0,062                                  | 0,041                     | 0,11  | 0,30 | 0,32 |
| Arena + Aserrín de coco (1:1)     | 7,02        | 0,90               | 0,084      | 0,050                                  | 0,080                     | 0,075 | 0,33 | 2,76 |

### IV.- Índice de calidad de planta

Este índice es muy utilizado para predecir el comportamiento en campo de varias especies confieras (Birchler *et al.*, 1998). Toma en cuenta variables morfológicas de la planta como altura, diámetro del tallo y el peso seco de toda la planta tanto aérea como radical. En el caso de banano la parte subterránea esta representada por el tallo verdadero (cormo) y raíces por lo cual se calculó esta variable de dos maneras diferentes para así observar cual refleja un valor adecuado de calidad de planta (Cuadros 12 y 13).

Cuadro 12. Índice de calidad de Dickson (parte aérea: hojas- pseudotallo, parte radical: cormo-raíces)

| Tratamientos | CE   | Peso seco total | Relación A/R | ICD    |
|--------------|------|-----------------|--------------|--------|
| 1            | 0,62 | 223             | 0,16         | 285,8  |
| 2            | 0,91 | 55,5            | 0,45         | 40,8   |
| 3            | 0,79 | 35,7            | 0,33         | 31,87  |
| 4            | 0,77 | 139,4           | 0,20         | 143,71 |
| 5            | 0,71 | 111,9           | 0,17         | 127,15 |
| 6            | 0,89 | 86,9            | 0,35         | 70     |
| 7            | 0,94 | 209,3           | 0,22         | 180,4  |
| 8            | 0,83 | 156,5           | 0,39         | 128,2  |
| TC           | 0,80 | 54              | 0,28         | 50     |

Cuadro 13. Índice de calidad de Dickson (parte aérea: hojas- pseudotallo-cormo, parte radical: raíces)

| Tratamientos | CE   | Peso seco total | Relación A/R | ICD   |
|--------------|------|-----------------|--------------|-------|
| 1            | 0,62 | 223             | 36,16        | 6,06  |
| 2            | 0,91 | 55,5            | 8,91         | 5,65  |
| 3            | 0,79 | 35,7            | 18,83        | 1,81  |
| 4            | 0,77 | 139,4           | 29,97        | 4,53  |
| 5            | 0,71 | 111,9           | 16,76        | 6,40  |
| 6            | 0,89 | 86,9            | 7,69         | 10,12 |
| 7            | 0,94 | 209,3           | 16,44        | 12,04 |
| 8            | 0,83 | 156,5           | 14,19        | 10,41 |
| TC           | 0,80 | 54              | 12,5         | 4,03  |

Los resultados indican que la mejor forma de obtener resultados satisfactorios y que guarden una relación con la expresión de las variables de desarrollo del cultivo, tomando como parte aérea hojas, pseudotallo y cormo (Cuadro 13) destacando que este índice fue desarrollado para plantas forestales, con una forma de propagación a través de semillas totalmente diferentes. Cabe destacar que con esta forma antes señalada, se obtiene un resultado acorde con lo observado en el ensayo, siendo el tratamiento 7 el que presentó el mayor valor de índice de calidad (12,04), siendo tres veces mayor al valor obtenido en el manejo convencional de la unidad de producción. Dado esto, se propone el uso de esta forma para la correcta interpretación de los resultados en plantas de banano, no sin desestimar otros estudios posteriores que afinen una metodología más apropiada.

## CONCLUSIONES

- En la mayoría de las variables estudiadas para las interacciones sustrato y dosis de nitrógeno no se encontraron diferencias significativas, por lo que ambos factores actúan de forma independiente, excepto para la variable peso seco de las hojas.
- El sustrato Arena + Aserrín (1:1), produjo las mejores respuestas para las variables morfométricas y nutricionales en plantas de banano en fase de vivero.
- Las dosis de nitrógeno más destacadas que produjeron los mejores resultados en las variables evaluadas fueron 7 y 14 g N/planta/ciclo.
- En los tratamientos 6 y 7 (Arena + Aserrín + 7 y 14 g N/planta/ciclo) respectivamente, se encontraron las mejores plantas según las variables morfométricas y nutricionales evaluadas, comparados con el manejo empleado en la unidad de producción.
- Para establecer análisis e interpretaciones sobre calidad de plantas de banano en fase de vivero a través del Índice de Calidad de Dickson, se debe considerar como parte aérea (hojas + pseudotallo + cormo) y como parte radical (raíces).

## REFERENCIAS DE LITERATURA

1. Bircher, T.; Rose, R.W.; Royo, A y Pardos, M. 1998. La planta ideal: revisión del concepto, parámetros definitorios e implementación de práctica de investigación. Agr. Sist. Recor. For. 7(1-2): 109-121. (Libro en línea) Disponible: [http://www.ima.es/IA\\_SPF/1998/Vol\\_7/](http://www.ima.es/IA_SPF/1998/Vol_7/). (Consulta: 2004, septiembre, 18).
2. Cuyares, S. 1984. Estudio de la relación funcional entre nutrientes aplicados al suelo (N y K) y área foliar en plátano. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Maracay, estado Aragua. p. 26.
3. Obispo, I. 1984. Comparación y validación de ecuaciones de estimación del área foliar en cultivares de plátano "Hartón" y cambur "Manzano" (*Musa* AAB). Universidad Central de Venezuela. Trabajo de grado. Maracay, Edo Aragua. p. 12.
4. Solórzano, P. 2003. Fertirrigación. Soluciones nutritivas para los cultivos. 1era edición. Agroisleña C.A. pp. 29 – 31.
5. Sosa, L. 1982. Efecto del material de propagación sobre la producción de plátano (*Musa* AAB, subgrupo plátanos cv "Hartón") en el sur del lago de Maracaibo. Universidad del Zulia. Facultad de Agronomía. Instituto de Investigaciones Agronómicas. Trabajo de ascenso. Categoría profesor Agregado. p. 51.
6. Salgado, R. 2000. (Libro en línea) Disponible: <http://www.itzacatepec.edu.mx>. (Consulta: 2005, octubre, 02).
7. Soto, M. 1985. Bananos. Cultivo y comercialización. 1 edición. Universidad Costa Rica. pp. 285 – 287.
8. Trujillo, A. 1985. Efecto del nitrógeno y potasio sobre el rendimiento del plátano (*Musa* AAB, cv. Harton). U.C.V. Trabajo de Ascenso. Categoría Profesor Agregado. pp. 2-9.
9. Vargas, A; Solís, P 1998. Síntomas de deficiencia y contenido de macro y micronutrientes en plantas de plátano (*Musa* AAB) bajo condiciones de carencia inducida en cultivo hidropónico. Dirección de Investigación, CORBANA. San José, Costa Rica. pp. 145 – 163.



**EFFECTO DE LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA Y POTÁSICA EN LA PRODUCCIÓN DEL  
BANANO *Musa AAA* EN LA REGIÓN DEL TRÓPICO DE COCHABAMBA, BOLIVIA****EFFECT OF THE FERTILIZATION NITROGEN AND POTASSIUM IN THE PRODUCTION OF THE  
BANANA *MUSA AAA* IN THE REGION OF THE TROPIC OF COCHABAMBA, BOLIVIA**

Oscar Colque<sup>1</sup>; Edwin Iquize<sup>2</sup> & Armando Ferrufino<sup>3</sup>

**RESUMEN**

El presente trabajo se realizó en las localidades de La Playa, Senda B y 16 de Julio, provincias Chapare y Carrasco del Trópico de Cochabamba Bolivia, durante el periodo junio de 2003 a diciembre de 2004, con el objetivo de validar los beneficios productivos y económicos de la fertilización nitrogenada y potásica en la producción de banano (*Musa AAA*), recomendada por el Instituto Boliviano de Tecnología Agropecuaria IBTA/Chapare. Se compararon fincas en las que se validaron a nivel comercial, recomendaciones de fertilización nitrogenada y potásica (200 kg de N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> y 400 kg K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> año, fraccionados en 12 ciclos por año) más labores culturales, con fincas testigos (adyacentes) que no fertilizaron. Los resultados mostraron que las variables peso de racimo y número de manos por racimo, mostraron diferencias altamente significativas comparando las fincas de validación con los testigos y entre localidades. Para el número de dedos en la segunda mano sólo se encontró diferencias estadísticas entre localidades. El análisis estadístico para la variable conversión fue significativo entre tratamientos y en la interacción por localidad, el incremento promedio de la conversión fue del 17% comparado con las fincas testigos o adyacentes. Los ingresos netos de las fincas manejadas con tecnología propuesta por IBTA/Chapare y fincas testigo fueron de 1098 y 706 \$US respectivamente.

Palabras claves: Fertilización nitrogenada y potásica, beneficios productivos y económicos, conversión

**SUMMARY**

The present work was carried out in the towns of The Beach, Senda B and 16 of Julio, counties will Plate and Carrasco of Cochabamba Bolivia's Tropic, during the period June of 2003 to December of 2004, with the objective of validating the productive and economic benefits of the nutrition nitrogen and potassium, recommended by the Bolivian Institute of Agricultural Technology IBTA/Chapare. Properties were compared in those that were validated to commercial level, recommendations of fertilization nitrogen and potassium (200 kg of N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> and 400 kg K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> year, fractioned in 12 cycles per year) more cultural works, with adjacent properties (witness) not fertilized. The results showed to the variables cluster weight, number of hands for cluster, they showed highly significant differences comparing the validation properties with the witness and among towns. For the number of fingers in second o'clock flow she/he was only statistical differences among towns. The statistical analysis for the variable was significant among treatments and in the interaction for town; the increment average of the conversion was of 17% compared with the adjacent properties or witness. The net revenues of the properties managed with technology proposed by IBTA/Chapare and properties witness were respectively of 1098 and 706 \$US.

Keywords: N and K fertilization, economic benefits, productivity, conversion

**INTRODUCCIÓN**

El banano (*Musa AAA*) es el rubro de mayor importancia en la región del Trópico de Cochabamba (TC) Bolivia, por la superficie cultivada (12600 ha), familias que participan en el proceso productivo (4000) y, principalmente, por la economía que genera dentro y fuera de las fincas de producción. Entre los años 2000 a 2004 las exportaciones de banano se incrementaron de 300.000 a 1'962.564 cajas año<sup>-1</sup> (600%). A pesar de que sólo el 14% de la producción de 12.600 ha cultivadas se destina a

<sup>1</sup> Ing. Agr. Técnico Investigador y Validador Banano, Instituto Boliviano de Tecnología Agropecuaria, Chimoré, Cochabamba, Bolivia. Casilla 4067 Correo electrónico: oscar.colque@gmail.com

<sup>2</sup> Ing. Agr. Ex Técnico Estadístico, Instituto Boliviano de Tecnología Agropecuaria

<sup>3</sup> Ing. Agr. Agr. MSc., PhD. Ex Director Instituto Boliviano de Tecnología Agropecuaria

la exportación, la demanda creciente del mercado determinó la necesidad de mejorar los sistemas de producción y, por consiguiente, la productividad y calidad de la fruta.

De acuerdo a registros de producción de la región, los rendimientos varían de 25 a 33 t ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>, con elevadas tasas de descarte, principalmente porque la fruta no cumple las especificaciones técnicas de largo y grosor debido a una deficiente nutrición del cultivo. Para la obtención de fruta con calidad comercial (longitud y grosor) es necesario que las plantas de banano reciban una nutrición balanceada, sobre este aspecto, en el TC, se realizaron trabajos de investigación en fertilización donde los niveles recomendados fueron 200 kg de nitrógeno (N) ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> y 400 kg de óxido potasio (K<sub>2</sub>O) ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> fraccionado en cuatro ciclos por año (Ferrufino, 2001).

El presente trabajo fue realizado con el objetivo de validar los beneficios productivos y económicos de la tecnología de nutrición nitrogenada y potásica fraccionada en 12 ciclos recomendada por el Instituto Boliviano de Tecnología Agropecuaria (IBTA/Chapare).

## METODOLOGÍA

Este trabajo se realizó en tres fincas comerciales de banano (clon Valery) de las asociaciones ASIPLA, ASPROBAN y ASIPA, ubicadas en las localidades de La Playa, Senda B y 16 de Julio, (Provincias Chapare y Carrasco del Trópico de Cochabamba, respectivamente). En cada finca se tomaron cinco hectáreas. El trabajo de campo inició en junio 2003 y finalizó en diciembre de 2004. Durante este periodo se registraron datos climáticos donde el promedio de la precipitación fue de 4063 mm año<sup>-1</sup> y las temperaturas promedio, máxima y mínima fueron 25.9, 31.1 y 20.7°C, respectivamente.

Al inicio del trabajo se realizó la caracterización de las fincas y se determinó la línea base de manejo agronómico (Tabla 1). Para ello se usó el método de auditorías de campo adaptado de Banaxass 3.0 (AGROSOFT, 2002).

Tabla 1. Características de población y manejo agronómico de las fincas en las que se realizó el trabajo de validación. TC, junio, 2003.

| Localidad   | Edad de plantación (años) | Población (pl/ha) | DMA (m) | Distribución de plantas (%) | Manejo de la plantación |               |         | Control de sigatoka negra |
|-------------|---------------------------|-------------------|---------|-----------------------------|-------------------------|---------------|---------|---------------------------|
|             |                           |                   |         |                             | Embolse                 | Fertilización | Deshoje |                           |
| 16 de Julio | 5                         | 1808              | 1.82    | 10.5                        | Si                      | No            | Si      | Terrestre                 |
| La Playa    | 5                         | 1959              | 1.75    | 8.2                         | Si                      | No            | Si      | Aéreo                     |
| Senda B     | 5                         | 1927              | 1.69    | 11                          | Si                      | No            | Si      | Terrestre                 |

DMA = Distancia mínima aceptable entre plantas

Las características químicas y físicas de suelos de las fincas seleccionadas fueron determinadas en el laboratorio de análisis de suelos del Centro de Investigación en Agricultura Tropical de Santa Cruz (Tabla 2). De cada finca se obtuvo una muestra compuesta (20 submuestras) mediante la técnica del muestreo sistemático, tomadas a 20 cm de profundidad y una distancia de 50 cm frente al hijo de sucesión.

La población de nematodos y raíces funcionales fue determinada en el laboratorio de fitopatología de la Estación Experimental La Jota del IBTA/Chapare. Las muestras se obtuvieron de 10 plantas (hijos de sucesión entre 1 a 1.5 m de altura) madres o prontas a la emergencia del racimo. En laboratorio, las muestras fueron homogeneizadas mediante el método de centrifugación y el conteo fue realizado en un estereoscopio (Tabla 3).

El tratamiento propuesto por el IBTA/Chapare consistió en la aplicación de 200 kg de N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> (9 qq de Urea) y 400 kg K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> (13 qq de cloruro de potasio), fraccionados en 12 ciclos por año más labores culturales (deshoje fitosanitario y protección, deshoje, desvío de hijos, y embolsado). Los niveles de nutrimentos utilizados en este trabajo fueron ajustados en base a recomendaciones de suelos y recomendaciones de trabajos de investigación realizadas en el TC por Ferrufino (2001) y Ayaviri *et al.* (2003). A estas fincas se denominó fincas de validación o fincas con tecnología del IBTA/Chapare.

Tabla 2. Características químicas y físicas de suelos de las fincas en las que se realizó el trabajo de validación. TC, 2003.

| Localidad   | pH * |                       | CE<br>uS cm <sup>-1</sup> | Cationes Intercambiables (cmol kg <sup>-1</sup> ) |     |     |     | CIC<br>E | Porcentaje de saturación |        |
|-------------|------|-----------------------|---------------------------|---------------------------------------------------|-----|-----|-----|----------|--------------------------|--------|
|             |      |                       |                           | Ca                                                | Mg  | Na  | K   |          | bases                    | acidez |
| 16 de Julio | 4.7  | Fuertemente ácido     | 66                        | 1.7                                               | 0.6 | 0.1 | 0.2 | 4.8      | 56                       | 45%    |
| La Playa    | 5.2  | Fuertemente ácido     | 42                        | 2.0                                               | 2.2 | 0.1 | 0.1 | 4.7      | 95                       | 4%     |
| Senda B     | 4.4  | Muy fuertemente ácido | 78                        | 2.6                                               | 1.6 | 0.1 | 0.2 | 7.5      | 62                       | 38%    |

\* Según clasificación laboratorio de análisis de suelos CIAT de Santa Cruz

| Localidad   | Acidez                | Al  | P                    | MO  | N       | Aren | Lim | Arcill |
|-------------|-----------------------|-----|----------------------|-----|---------|------|-----|--------|
|             | cmol kg <sup>-1</sup> |     | mg. kg <sup>-1</sup> | %   | Total % | a    | o   | a      |
| 16 de Julio | 2.1                   | 1.5 | 17                   | 2.3 | 0.18    | 44   | 39  | 17     |
| La Playa    | 0.2                   | 0.0 | 9                    | 2.1 | 0.11    | 29   | 56  | 15     |
| Senda B     | 2.8                   | 1.8 | 9                    | 2.4 | 0.20    | 7    | 70  | 23     |

Tabla 3. Población de nematodos en 100 g de raíz y porcentaje de raíces funcionales de las fincas en las que se realizó el trabajo de validación.

| Localidad   | <i>Radopholus similis</i> | <i>Helicotylenchus</i> | <i>Meloidogyne</i> | Raíces funcionales (%) |
|-------------|---------------------------|------------------------|--------------------|------------------------|
| 16 de Julio | 10360                     | 648                    | 81                 | 77%                    |
| La Playa    | 576                       | 1180                   | 182                | 94%                    |
| Senda B     | 20026                     | 1325                   | 0                  | 76%                    |
| Promedio    | 10321                     | 1051                   | 88                 | 83%                    |

Fuente: Escalier, 2003.

Las fincas seleccionadas se compararon con fincas testigo y/o adyacentes (en las localidades 16 de Julio y Senda B), y bloques de producción (en la localidad La Playa) a las que se denominó testigos. Estas fincas no aplicaron la tecnología propuesta por IBTA/Chapare (fertilización) pero realizaron similares labores culturales.

La dosis por planta fue determinada en base a la cantidad de unidades productivas por hectárea. El fertilizante fue aplicado en media luna frente al hijo de sucesión.

La edad de las fincas seleccionadas y testigos fue de cinco años aproximadamente, todas insertas en el proceso de exportación de banano.

Las variables evaluadas en el presente trabajo fueron:

- Peso de racimos, se determinó pesando el racimo más pinzote al momento de la cosecha.
- Longitud o largo de dedo y calibre o grado (1 grado = 1/32avos de pulgada = 0.7935 mm), se determinó midiendo la longitud y diámetro del dedo central de la fila inferior en la segunda mano del racimo.
- Conversión, se obtuvo realizando la relación de cajas obtenidas por racimos procesados
- Ingreso neto en dólares (\$us) por hectárea año

Las variables peso de racimos, calibre y largo de dedo se registraron en las fincas seleccionadas y testigos a la finalización del trabajo; se evaluaron 420 racimos (90 y 330 racimos en fincas de validación y testigos, respectivamente)

La variable conversión de racimo a caja fue registrada en forma semanal desde el inicio hasta la finalización del trabajo. Se evaluaron 150.706 racimos (48.249 y 102.457 racimos en las fincas de validación y testigos, respectivamente). Esta variable fue priorizada por tratarse de un parámetro que mide la calidad y productividad.

Para la obtención del ingreso neto se procesaron datos de número de racimos, cajas y chipas<sup>1</sup> obtenidas en la localidad 16 de Julio durante la gestión 2004. Para los cálculos se sustrajeron del costo de una caja de banano (1.5 \$US) y el costo de producción de un racimo (0.81 \$US). La diferencia fue multiplicada por el número de cajas obtenidas en una hectárea. En las fincas testigo no se consideró el costo de fertilizante.

Las variables evaluadas fueron procesadas bajo el criterio del análisis de varianza de clasificación jerárquica con el procedimiento modelo lineal mixto (Steel y Torrie, 1992). Los tratamientos fueron discriminados con el procedimiento de promedios por mínimos cuadrados y la distribución de t de Student. La única variable procesada con el modelo lineal generalizado (Montgomery, 2003) fue la de conversión.

El manejo agronómico de las fincas de validación fue realizado por los productores asistidos por técnicos del IBTA/Chapare. La labor de deshoje fitosanitario y protección fue ejecutado en forma semanal, el deshoje cada ocho semanas y el control de la sigatoka en 13 oportunidades, previo a un monitoreo de campo. La protección de la fruta mediante el embolsado y encintado fue realizada y registrada en forma semanal. Las fincas testigo recibieron manejo agronómico similar a las fincas de validación a excepción del monitoreo de la sigatoka negra.

## RESULTADOS

### Peso de racimo

El peso de racimo mostró diferencias altamente significativas ( $P: 0.001$ ) entre localidades y tratamientos dentro localidades. En las localidades La Playa, 16 de Julio y Senda B, el tratamiento propuesto por IBTA/Chapare tuvo mayor peso de racimo frente a los testigos (Figura 1). En general, el peso del racimo en la localidad La Playa fue mayor seguida por 16 de Julio y Senda B. En la localidad La Playa probablemente la baja saturación de acidez (4%), pH moderadamente ácido (5.2) y alta saturación de bases (95%) (Tabla 2) favorecieron un mayor crecimiento radicular y mejor aprovechamiento de los nutrientes aplicados y otros presentes en el suelo, traduciéndose en mayor peso del racimo. En cambio en las localidades de 16 de Julio y Senda B, la saturación de acidez fue de 45 y 38% respectivamente (Tabla 2), cuyos valores son considerados limitantes en la producción de banano (Espinosa y Molina, 1999; Ferrufino, 2001; Bertch, 1999).

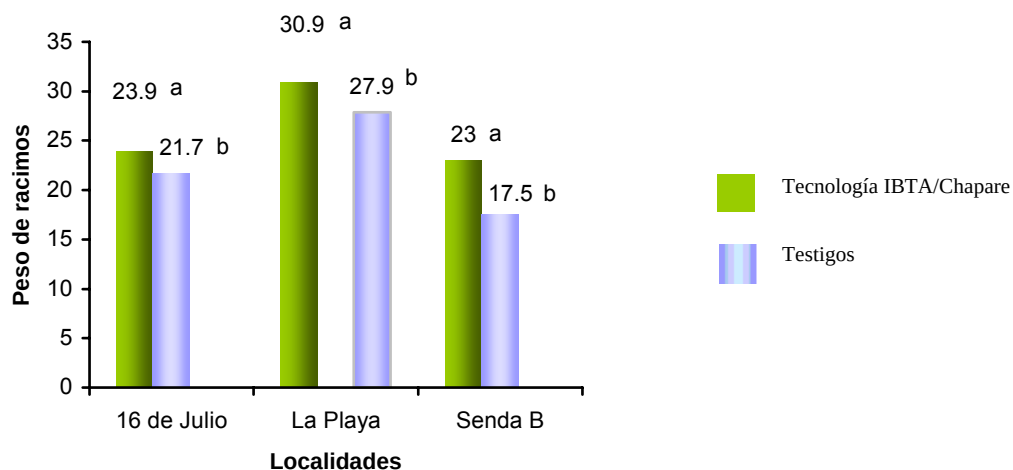


Figura 1. Peso racimos (fruta + pinzote) de las fincas de validación, fincas adyacentes y bloques de producción (testigos).

Adicionalmente a los factores restrictivos del suelo (pH ácido y alta saturación de acidez) en las localidad de Senda B y 16 de Julio, es probable que el peso de racimos de banano también hayan sido afectados por la alta población de *R. similis* (20.000 y 10.360 nematodos en 100 g de raíces,

<sup>1</sup> Unidad de comercialización local equivalente 42 manos o 720 dedos con un peso aproximado de 100 kg de fruta

respectivamente). De acuerdo a Tarté y Pinochet (1981) citados por Escalier *et al.* (2003), el nivel crítico para esta especie es de 10.000 ejemplares en 100 g de raíces. Esto implica que plantas de banano que tienen raíces con poblaciones de nematodos superiores a 10.000 unidades pueden ser afectadas en la producción. Por otro lado, según Escalier (2003), en la región del TC el peso de los racimos disminuye cuando la población de nematodos se encuentra entre 10.000 a 20.000 y se acentúa después de los 30.000 nematodos por 100 g de raíces, con pérdidas de hasta un 28%. En la Playa, la población de nemátodos fue de 576 nematodos por 100 g de raíces.

### Número de manos por racimo y número de dedos en la segunda mano

El análisis de varianza para el número de manos por racimo y número de dedos en la segunda mano mostró diferencias significativas ( $P: 0.01$ ) entre localidades y entre tratamientos. Dentro las localidades solo fue significativo para el número de manos. La respuesta del número de manos a la Tecnología propuesta por IBTA/Chapare fue favorable frente al testigo ( $P: 0.001$ ) en la localidad Senda B (Figura 2a). El menor número de manos por racimo (5.8) observados en el testigo (Senda B) se debe al estado nutricional pobre de la plantación (López, 2000). Referente al número de dedos de la segunda mano del racimo no se observó respuesta a la fertilización y labores culturales (Figura 2b).

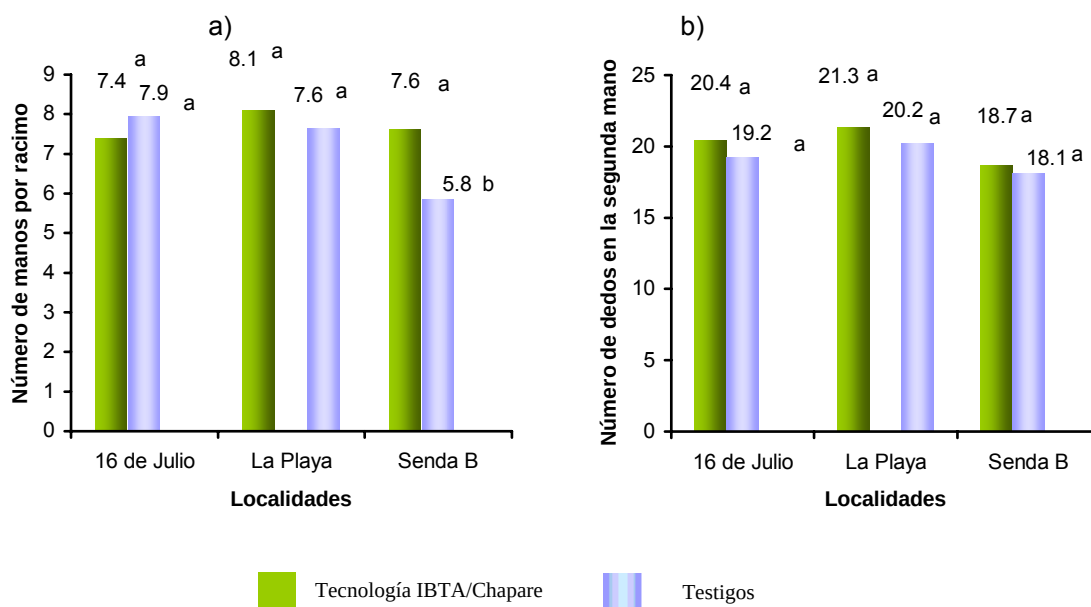


Figura 2. Respuesta por tratamientos dentro localidades del a) número de manos por racimo y b) número de dedos en la segunda mano.

De acuerdo a la correlación entre número de manos y peso del racimo ( $r = 0.703$ ), se asume que la adición de nutrimentos en suelos que tienen condiciones químicas menos adversas, favoreció la asimilación de nutrientes.

### Longitud y calibre del dedo central de la segunda mano

La evaluación de longitud y calibre del dedo central mostró diferencias estadísticas entre localidades y entre tratamientos dentro localidades. La Tecnología formulada por IBTA/Chapare tuvo respuesta de la longitud de dedo en las localidades de 16 de Julio y Senda B frente a los testigos (Figura 3a). Respecto a la variable calibre de dedo (Figura 3b), solo en la localidad 16 de Julio se pudo observar un incremento frente al testigo.



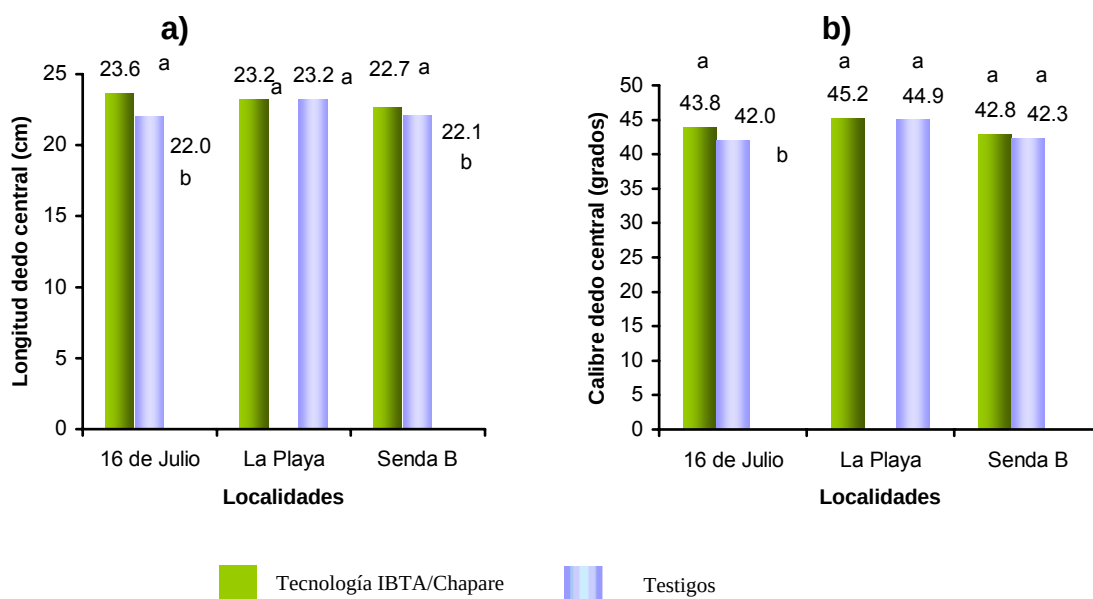


Figura 3. a) Longitud del dedo central de la segunda mano por localidad comparado entre las fincas de validación y testigos, y b) calibre de dedo central de la segunda mano por localidad comparado entre fincas de validación y testigos.

De acuerdo a los resultados se observó que la fruta de mayor calibre, longitud y peso se encontró en La Playa. En otros trabajos se encontró que la longitud y calibre del fruto es influenciada por la fertilización potásica.

### Conversión

El análisis estadístico para la variable conversión fue significativo entre tratamientos y en la interacción por localidad, tratamiento y mes dentro de años de evaluación a  $P: 0.001$ . Por otro lado, los resultados de conversión de las fincas que aplicaron la tecnología planteada por el IBTA/Chapare comparados con las fincas testigos, mostraron diferencias altamente significativas ( $P: 0.001$ ) en las tres localidades (16 de Julio, La Playa y Senda B), a favor de las fincas asistidas por el IBTA/Chapare. El incremento de la conversión fue del 17% comparado con las fincas testigos (Figura 4a).

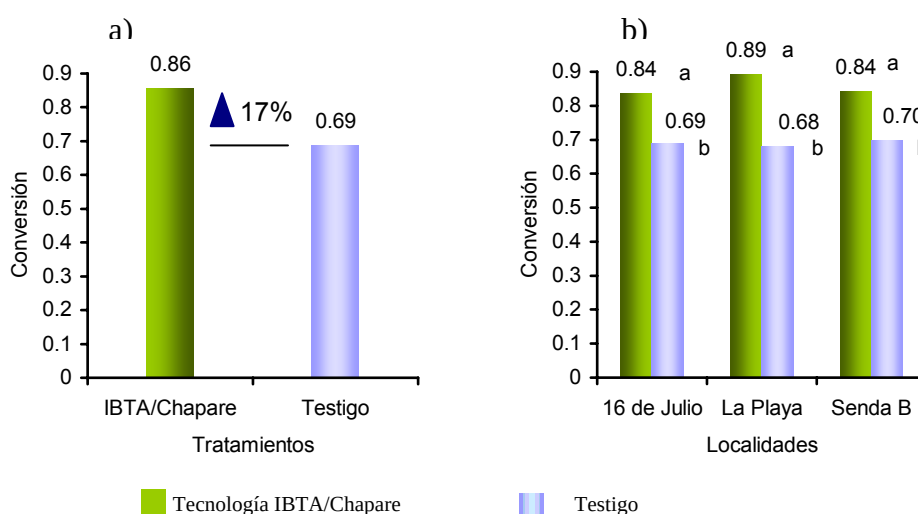


Figura 4. a) Conversión de racimos a cajas comparadas entre la tecnología propuesta por el IBTA/Chapare con fincas testigos, y b) Conversión de racimos a cajas comparadas entre la tecnología propuesta por el IBTA/Chapare con fincas testigos en las localidades de 16 de Julio, La Playa y Senda B, 2004.

La conversión en las fincas de validación con la tecnología del IBTA/Chapare frente a los testigos fue similar al inicio y se incrementó durante el desarrollo de trabajo hasta su finalización. Se observaron mejoras a partir del mes de octubre prolongándose hasta abril; estos meses coinciden con los periodos de mayor calor y precipitación en la región del TC (temperatura media promedio de 27.29°C y 2854 mm equivalente al 74% de la precipitación total). En cambio, los valores de conversión en los meses de mayo a septiembre disminuyeron, coincidiendo con las épocas de frío o surazos y menor precipitación (temperatura mínima promedio 18.44°C y 1004 mm equivalente al 26% de la precipitación total).

Por otro lado, la conversión de racimo procesado a caja también es determinada por el manejo adecuado de la fruta, durante y después la cosecha (Arévalo, 2000). De esta manera, se logra una mejor presentación en el mercado final y se reduce el desperdicio de fruta ocasionado por daños como magulladuras, daños de cuello y cicatrices. Sin embargo, es necesario aclarar que el peso de los racimos está determinado por factores hídricos, control fitosanitario y principalmente la nutrición balanceada. Varios trabajos de investigación han demostrado que la calidad de fruta es influenciada por la reposición oportuna de nutrimentos en los volúmenes requeridos por la planta de banano, principalmente N y K. En un trabajo sobre el efecto del K en la producción de banano en la región del TC, Ayaviri *et al.* (2003) encontraron incrementos de 1.8 kg por cada 100 kg de K aplicado anualmente.

#### Ingreso neto por hectárea

De acuerdo a la Figura 5, el ingreso neto  $\text{ha}^{-1} \text{año}^{-1}$  por venta cajas y chipas de las fincas manejadas con tecnología propuesta por el IBTA/Chapare y fincas testigo fueron de 1098 y 706 \$US respectivamente. El ingreso adicional de la parcela manejada con la tecnología propuesta por el IBTA/Chapare fue de 391 \$US frente al testigo. Este resultado implica que se obtuvo 36% de ingreso adicional frente a las fincas testigo.

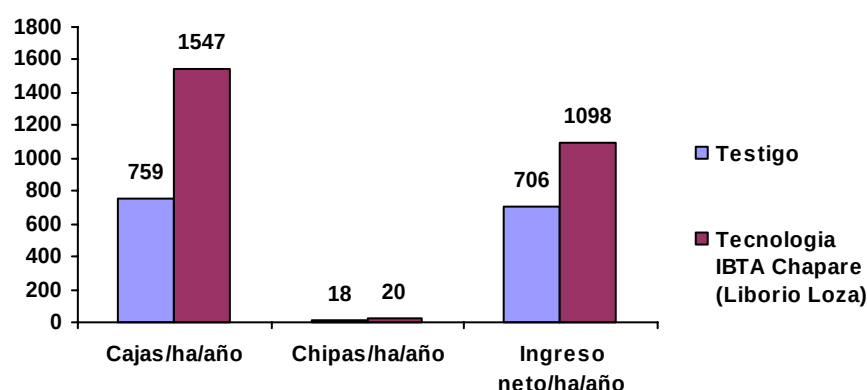


Figura 5. Ingreso neto  $\text{ha}^{-1} \text{año}^{-1}$  (venta cajas y chipas) de las fincas con tecnología propuesta por el IBTA/Chapare comparada con el promedio de tres fincas testigos en la localidad 16 de Julio.

#### CONCLUSIONES

- La localidad La Playa mostró mayor peso de racimos en el tratamiento y testigo, porque las condiciones químicas del suelo favorecieron a la asimilación de los nutrimentos aplicados, frente a las localidades Senda B y 16 de Julio.
- En la localidad de Senda B, la finca de validación con tecnología del IBTA/Chapare mostró mayor respuesta a la fertilización.
- En las tres localidades, las fincas de validación con tecnología del IBTA/Chapare fueron superiores en pesos de racimo, número de manos por racimo, largo y calibre de dedo comparados con las fincas adyacentes y bloques de producción (testigos).
- La conversión promedio de racimo a caja de las fincas de validación fue incrementada en 17%. La localidad que aumentó en mayor proporción fue La Playa, seguida de 16 de Julio y Senda B con 21, 15 y 14% respectivamente.

- Se obtuvo 36% de ingreso adicional (391 \$US) por hectárea en las fincas manejadas con la tecnología propuesta por el IBTA/Chapare comparado con los testigos.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Arevalo, J. 2000. Manual de procesos de cosecha y empaque de banano. Proyecto CONCADE. Cochabamba, Bolivia. 74 p.
2. Ayaviri, J., Rivas, P. y Ferrufino, A. 2003. Respuesta del banano clon Valery a la fertilización nitrogenada y potásica en tres localidades. Trabajo de tesis presentado en el Congreso de Suelos. Santa Cruz Bolivia. 14p.
3. Berstch, F. 1999. La fertilidad de los suelos y su manejo. Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo. 157 p.
4. BANAXASS 3.0, 2002. Sistema agrícola de producción bananera. AGROSOFT. S. A. Guayaquil, Ecuador 23 p.
5. Escalier, B. 2003. Diagnóstico de nematodos en el rubro banano. Informe Anual 2003 IBTA/Chapare Proyecto CONCADE.
6. Escalier, B. Camacho, J. y Ferrufino, A. 2003. Determinación de umbral de daño económico para nematodo *Radopholus similis* en cultivo de banano (Musa AAA), Segundo Congreso de protección Vegetal. Cochabamba Bolivia. 3p.
7. Espinosa, J. y Molina. E. 1999. Acidez y encalado de los suelos. Instituto de la Potasa y el Fósforo de Canadá. 42 p.
8. Ferrufino, A. 2001. Respuesta a la fertilización en los cultivos comerciales más importantes en el Trópico de Cochabamba. Proyecto CONCADE. Cochabamba, Bolivia. pp15-22.
9. López, A. 2000. Interpretación de los análisis químicos de suelos y foliares en el cultivo de banano (Musa AAA cv. Valery) en Costa Rica. Análisis de un caso y factores involucrados. San José Costa Rica. 10p.
10. Montgomery, D. 2003. Diseño y análisis de experimentos. Trad. Rodolfo Piña García. Limusa Wiley México DF 686p.
11. Steel y Torrie. 1992. Bioestadística: principios y procedimientos. McGraw-Hill. México DF. 661 p.

## AGRADECIMIENTOS

Productores: Simón Corrales Efrosina Miranda (ASPROBAN), Félix Mamani, Ángel Mariaca, Serafín Mejía (ASIPLA) y Liborio Loza (ASIPA), en el establecimiento y manejo de las fincas de validación

Técnicos: Jorge Ayaviri y Percy Rivas (UNABANA) Julio Cesar Martínez (ABAPI), Rolando Escobar, Rómulo Grágeda; Ramiro Villarpando (IBTA/Chapare).

Promotores: Ronald Limachi (ASIPLA).

Estudiantes: René Delgadillo tesista IBTA/Chapare, Ronald Verazain, Samuel Mejía, Martín Chino y Lisandro Zapata del Tecnológico Agropecuario Canadá (TAC).

## EFEITO DA APLICAÇÃO DE FERTILIZANTE ORGANO-MINERAL FLUÍDO NA ACLIMATAÇÃO DE MUDAS DE BANANEIRAS MICROPROPAGADAS

### EFFECT OF ORGANIC-MINERAL FLUID FERTILIZER APPLICATION IN THE ACCLIMATIZATION OF MICROPROPAGATED BANANA SEEDLINGS

Juliana Domingues Lima<sup>1</sup>; Giovani Sebben Bellicanta<sup>2</sup>; Wilson da Silva Moraes<sup>3</sup>; Elias Alexandre da Silva<sup>4</sup> & Rodrigo Sanches Miguel<sup>4</sup>

#### RESUMO

A aclimação é um processo onde de mudas produzidas *in vitro* são transferidas para condições ambientes. Perdas são comuns nessa fase. Danos são comuns nessa fase. Quanto mais apropriadas forem as condições do viveiro menores serão as mortes de plântulas e mais vigorosa será a muda obtida. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da aplicação de fertilizante organo-mineral fluído na aclimação de mudas micropropagadas de banana. O experimento foi instalado em delineamento experimental em blocos casualizados, com 2 tratamentos, cinco repetições e 25 plantas por bloco. Os tratamentos foram: 1) substrato (S); 2) substrato + 1 % de fertilizante organo-mineral fluído (S+FOMF), sendo o fertilizante aplicado aos 15, 30 e 45 dias após o transplante. O substrato utilizado foi terra de barranco + palha de arroz carbonizada + substrato Plantmax® floreira (1:1:1). As plântulas foram transplantadas com 10 cm de altura e 4 a 5. Aos 65 dias após o transplante foram amostradas nove plantas de cada bloco para determinação da altura da planta, número de folhas, diâmetro do colo, área foliar, matéria seca da raiz e da parte aérea das plantas. O fertilizante organo-mineral fluído aplicado às mudas promoveu maior crescimento da parte aérea das plantas.

Palavras-Chave: produção de mudas, fertilização, *Musa*, cultura de tecidos.

#### SUMMARY

Seedlings acclimatization is a process where plants produced under *in vitro* controlled conditions are transferred for environments conditions. Usually, the damage occurs in this phase. How much more appropriate are the greenhouse conditions smaller will be the seedlings deaths and more vigorous will be the seedlings obtained. The objective of this work was to evaluate the effect of fluid organic-mineral fertilizer applied during the micropropagated 'Nanicao' banana acclimatization process. The experiment was installed under greenhouse conditions in the random blocks experimental design with two treatments and five repetitions of the 25 plants per block. The treatments used were: 1. substrate (S) and 2. Substrate + 1 % of fluid organic-mineral fertilizer (S+FOMF) applied at 15, 30 and 45 days after seedlings transplant. The substrate used was ravine land + carbonized rice husk + commercial substratum Plantmax® Floreira (1:1:1). 'Nanicao' seedlings were transplanted with 10 cm of height and 4 to 5 leaves. Sixty five days after, 9 plants were sampled per block to evaluate the plant height, leaves number, seedlings diameter, leaf area and aerial part and root dry material. The application of fluid organic-mineral fertilizer promoted better growing of aerial part of seedlings.

Keywords: seedling production, fertilization, *Musa*, tissue culture.

#### INTRODUÇÃO

Tradicionalmente, a bananeira (*Musa* spp.) é propagada vegetativamente a partir de brotações laterais ou perfilhos, os quais são obtidos numa taxa de multiplicação muito baixa. Além disso, a qualidade genética e fitossanitária das mudas nem sempre é desejável ou adequada (Scarpere Filho, 1998).

A possibilidade de utilizar no plantio mudas micropropagadas de bananeira (*Musa* spp.) é atualmente a melhor alternativa para se conseguir material com qualidade genética e fitossanitária garantida.

<sup>1</sup> Professora Assistente Doutora. Universidade Estadual Paulista, UNESP, Campus Experimental de Registro, Rua Tamekishi Takano, n.5, Centro, Registro, SP. judlima@registro.unesp.br

<sup>2</sup> Pesquisador. Technes Agrícola Ltda., Rod. Dom Gabriel P. Bueno Couto, Km 83, Cabreúva, SP.

<sup>3</sup> Pesquisador. Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios, APTA, Laboratório de Sanidade Animal e Vegetal de Registro, UPD, Av. Wild José de Souza, 454, Centro, Registro, SP.

<sup>4</sup> Técnico. Technes Agrícola Ltda., Rod. Dom Gabriel P. Bueno Couto, Km 83, Cabreúva, SP.

Embora apresente alguns problemas, como tamanho reduzido, necessitando de uma etapa intermediária entre a produção da muda em laboratório e o plantio no campo, e o custo inicial da muda seja elevado.

A aclimação de mudas é o processo pelo qual plantas produzidas em condições *in vitro* são transferidas para um ambiente com as condições climáticas naturais. Essas novas condições devem ser passadas às plantas progressivamente, de forma que elas sofram menor estresse, que possam culminar em injúrias profundas ou até mesmo em morte (Brainerd e Fuchigami, 1981). Esse processo representa uma etapa importante dentro de um programa onde se trabalha com cultura de tecidos, sendo que, em alguns casos, chega a ser o fator limitante no processo de micropropagação (Grattapaglia e Machado, 1990).

O enviveiramento das mudas na fase de aclimação proporciona maior vigor vegetativo e desenvolvimento das raízes e rizomas, o qual influenciará decisivamente no índice de pegamento no plantio definitivo. Apesar disso, poucos trabalhos de pesquisa procuram estudar os detalhes desta fase intermediária entre o laboratório e o campo, havendo carência de informações quanto ao tipo de estrutura física do viveiro, tamanho e formas de recipientes a serem utilizados, substratos e seus componentes, práticas de manejo e, em especial, com relação ao desenvolvimento das mudas nessa etapa. A associação de conhecimentos sobre esses fatores poderá servir de subsídio para a obtenção de mudas que atendam a padrões desejáveis, em menor tempo (Santos *et al.*, 2004).

Na otimização da fase de aclimação considera-se, como fator de grande relevância, a utilização da matéria orgânica na composição do substrato, pelo seu efeito na melhoria das condições químicas, físicas e biológicas do solo.

Sendo assim, o objetivo do presente estudo foi avaliar o efeito da aplicação de fertilizante organo-mineral fluído na aclimação de mudas de bananeiras micropropagadas.

## MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi instalado no viveiro comercial do Sítio Oriente, Rodovia Régis Bittencourt, BR 116, Km 462, município de Pariqueira-Açu, São Paulo, Brasil.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com dois tratamentos, cinco repetições, 25 plantas por bloco e nove plantas úteis por parcela. Os tratamentos foram: 1) substrato (S); 2) substrato + fertilizante organo-mineral fluído (S+FOMF), aplicado aos 15, 30 e 45 dias após o transplante das mudas.

O fertilizante organo-mineral fluído (FOMF) é uma suspensão homogênea, com densidade de 1.200 g L<sup>-1</sup> e índice salino 20, recomendado para fertirrigação. É constituído basicamente de matéria orgânica e fertilizantes minerais solúveis, na forma de compostos orgânicos de baixo peso molecular (aminoácidos, vitaminas do complexo B, ácidos orgânicos e ácido láctico) e nutrientes minerais na forma de NPK (11:1:1), que são prontamente disponíveis e facilmente assimiláveis pelas plantas. Apresenta 11 % de N (132 g L<sup>-1</sup>), 1% de K<sub>2</sub>O (12 g L<sup>-1</sup>) e de 8 % de C orgânico (96 g L<sup>-1</sup>). A concentração do FOMF utilizada em todas as aplicações foi de 1% (v/v), num total 1,5 mL por aplicação. O substrato utilizado foi terra de barranco + casca de arroz carbonizada + Plantmax® floreira (1:1:1).

A análise química do substrato utilizado antes da aplicação do fertilizante mostrou os seguintes resultados: pH, 6,26; condutividade elétrica, 0,293 dS m<sup>-1</sup>; N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, 5,64 mg L<sup>-1</sup>; N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, 29,39 mg L<sup>-1</sup>; P, 0,14 mg L<sup>-1</sup>; K, 0,14 mg L<sup>-1</sup>; Ca, 15,80 mg L<sup>-1</sup>; Mg, 10,45 mg L<sup>-1</sup>; S, 18,70 mg L<sup>-1</sup>; B, 0,03 mg L<sup>-1</sup>; Fe, 1,99 mg L<sup>-1</sup>; Mn, 0,14 mg L<sup>-1</sup>; Zn, 0,03 mg L<sup>-1</sup>; Mo, 0,03 mg L<sup>-1</sup>; Cl, 96,45 mg L<sup>-1</sup>; Na, 6,00 mg L<sup>-1</sup>; Al, 5,48, mg L<sup>-1</sup>; bicarbonato, 4,00, mg L<sup>-1</sup> de CaCO<sub>3</sub>.

Mudas da variedade Nanicão, com cerca de 10 cm de altura e quatro a cinco folhas, enraizadas, produzidas no laboratório BIOVALE do Pólo Regional do Vale do Ribeira da APTA/SP por micropropagação, foram transplantadas para saco de polietileno preto com capacidade para 1,5 litros de substrato, sendo mantidas a partir daí em viveiro sob 50% de sombreamento. As mudas dos dois tratamentos também receberam NPK 10-10-10 (5 g/vaso) vinte dias após o transplante.

Sessenta dias após o plantio foram coletadas nove plantas para determinação da altura, número de folhas, diâmetro do colo, área foliar, matéria seca da raiz e da parte aérea das plantas. A área foliar foi determinada gravimetricamente, pelo peso do molde das folhas em papel, comparado à massa de um padrão com área conhecida, e a massa da matéria seca determinada após a secagem em estufa a 70°C, até peso constante.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

O fertilizante organo-mineral líquido aplicado às mudas promoveu crescimento diferenciado em altura e diâmetro do colo entre mudas que receberam e não receberam o fertilizante organo-mineral líquido (Tabela 1, Figura 1). Além disso, mudas tratadas com esse fertilizante apresentaram maior crescimento da parte aérea demonstrado pela maior área foliar e matéria seca acumulada nas folhas. Apesar disso, o número de folhas não variou entre os dois tratamentos (Tabela 1 e Figura 1).

Considerando a matéria seca total acumulada nas plantas, obtida pela soma da matéria seca acumulada na raiz e na parte aérea das plantas, nota-se que não houve diferenças entre os tratamentos (Tabela 1).

Outra consideração que pode ser feita é que as plantas que receberam o fertilizante organo-mineral líquido apresentaram quase três vezes mais matéria seca acumulada na parte aérea em relação à raiz. Isso se deve à aplicação do fertilizante orgânico, que provavelmente permitiu uma maior alocação de biomassa na parte aérea das plantas, provavelmente devido ao maior teor de nutrientes disponíveis no substrato com a aplicação do fertilizante orgânico.

Matos et al. (2002) observaram maior crescimento de mudas de bananeira da variedade Nanicao quando as mesmas foram cultivadas em substrato contendo matéria orgânica.

Tabela 1. Altura (ALT), número de folhas (NF), diâmetro do colo (D), área foliar (AF), matéria seca da raiz (MSR), matéria seca da parte aérea (MSPA) e matéria seca total (MST = MSR + MSPA) média de plantas de bananeira cultivar Nanicao, 65 dias após o transplante.

|        | ALT<br>(cm) | D<br>(cm) | NF    | AF<br>(cm <sup>2</sup> ) | MSR<br>(g) | MSPA<br>(g) | MST<br>(g) |
|--------|-------------|-----------|-------|--------------------------|------------|-------------|------------|
| S      | 21,1 b      | 1,7 b     | 7,11a | 1044,6 a                 | 4,6 a      | 4,8 b       | 9,4 a      |
| S+FOMF | 24,6 a      | 1,9 a     | 7,51a | 1303,2 b                 | 2,4 b      | 7,0 a       | 9,4 a      |
| CV (%) | 6,5         | 4,9       | 2,15  | 5,6                      | 4,6        | 5,0         | 4,9        |

S = substrato, S+ FOMF = substrato com fertilizante organo-mineral líquido.

CV = coeficiente de variação.

Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente, a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Em termos energéticos a absorção de  $\text{N-NH}_4^+$  é mais vantajosa para planta, pois o mesmo já se encontra na forma reduzida não havendo necessidade de redução antes de sua assimilação a aminoácidos.

O menor acúmulo de biomassa no sistema radicular das mudas que receberam o fertilizante orgânico é um dado importante quando se pensa no estabelecimento da muda em campo após o transplante, pois segundo Trindade et al., 2003, plantas com maior aparato de absorção, seja na forma de radículas ou rizoma, deverão ter melhor desenvolvimento inicial. Por outro lado, segundo Santos et al. (2004), mudas com maior área foliar e maior número de folhas poderão proporcionar maior índice de pegamento, acelerar o crescimento inicial e o desenvolvimento, pela maior produção de fotoassimilados.

Pelos resultados, não se pode descartar a possibilidade de uso do fertilizante orgânico na cultura de banana, apenas se recomenda novos estudos com observação do pegamento das mudas após o transplante e com aplicação após o transplante das mudas no campo.

## CONCLUSÃO

O uso do fertilizante organo-mineral líquido promoveu maior crescimento da parte aérea das mudas de bananeira.

## AGRADECIMENTOS

À Empresa Technes Agrícola Ltda. pelo apoio técnico.



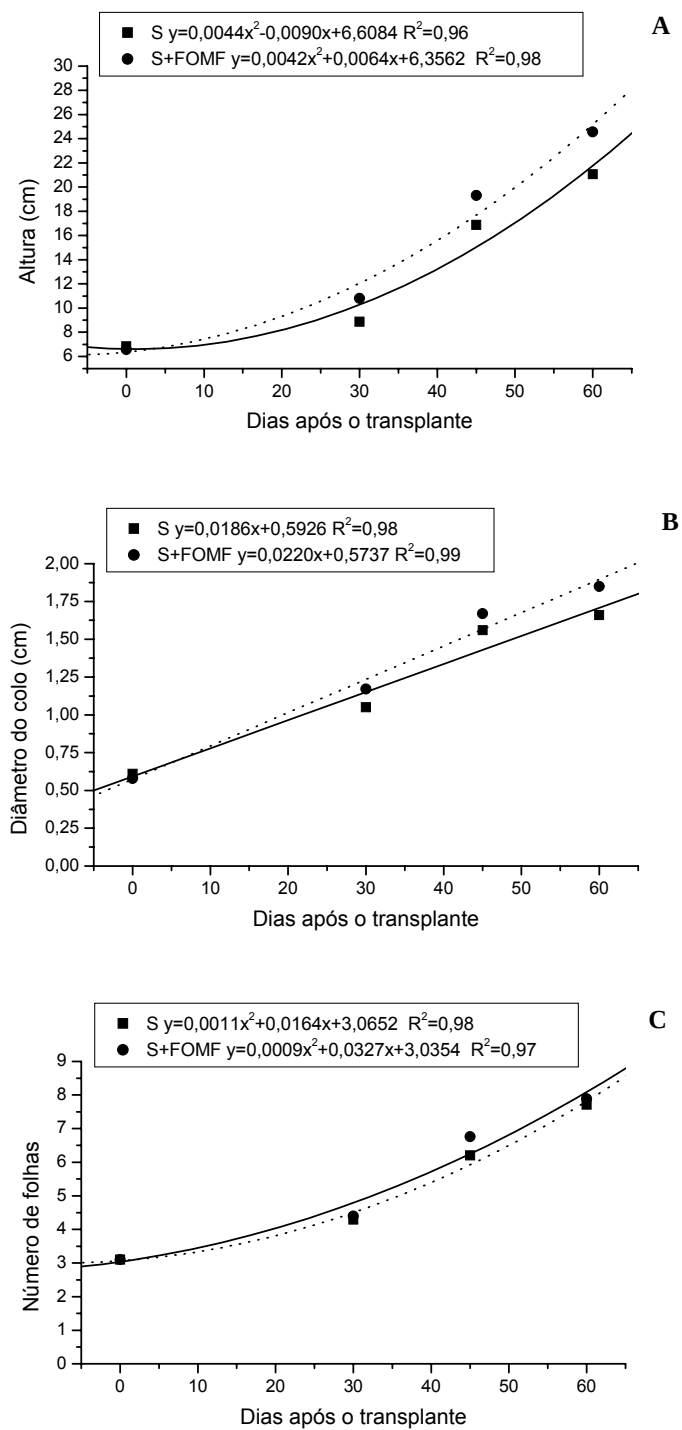


Figura 1. Média da altura (A), diâmetro do colo (B) e número de folhas (C) de plantas de bananeira cultivar Nanicao, 65 dias após o transplante.

## REFERÊNCIAS

1. SCARPARE FILHO, J. A.; MINAMI, K.; KLUGE, R. A.; TESSARIOLI NETO, J. 1998. Estudo do primeiro ciclo produtivo da bananeira 'Nanicão' (*Musa* sp.) desenvolvida a partir de diferentes tipos de mudas. *Scientia Agricola*, Piracicaba, v.55, n.1, p:86-93.
2. BRAINERD, K.E.; FUCHIGAMI, L.H. 1981. Acclimatization of aseptically cultured plants to low relatively humidity. *Journal of the American Society of Horticultural Science*, Alexandria, v. 106, n. 4, p. 515-518.
3. GRATTAPAGLIA, D.; MACHADO, M.A. 1990. In: TORRES, A.C.; CALDAS, L.S. *Técnicas e aplicações da cultura de tecidos de plantas*. Brasília: ABCTP/EMBRAPA-CNPq, p.99-170.
4. MATOS, R. M. BARBOSA, SILVA, E. M. R. da; BRASIL, F. da C. Arbuscular mycorrhizal and organic matter on the acclimatization of banana-tree seedlings, cv. Nanicao. *Bragantia*, Piracicaba, v.61, n.3, p.277-283, 2002.
5. SANTOS, J. de A. dos; SILVA C. R. de R. E., CARVALHO, J. G. de, NASCIMENTO, T. B. do. Efeito do calcário dolomítico e nitrato de potássio no desenvolvimento inicial de mudas da bananeira 'prata-anã' (AAB), provenientes de cultura *in vitro*. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v.26, n.1, p.150-154, 2004.
6. TRINDADE, A. V.; LINS, G. M. DE L.; MAIA, I. C. S. Substratos e fungo micorrízico arbuscular em mudas micropropagadas de bananeira na fase de aclimação. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.25, n.1, p.137-142, p.2003.

## EFEITO RESIDUAL DE COMPOSTO ORGÂNICO NA SEGUNDA SAFRA DE BANANEIRAS 'PRATA-ANÃ'

### RESIDUAL EFFECTS OF ORGANIC COMPOST IN THE SECOND PRODUCTION CYCLE OF BANANA PLANTS

Erval Rafael Damatto Junior<sup>1</sup>; Roberto Lyra Villas Bôas<sup>2</sup> & Sarita Leonel<sup>3</sup>.

#### RESUMO

O presente trabalho, conduzido em Botucatu-SP, objetivou avaliar o efeito residual de doses de composto orgânico no crescimento e produção de bananeiras 'Prata-anã'. Os efeitos residuais da adubação orgânica nas plantas foram avaliados através de mensurações do diâmetro do pseudocaule, da altura de inserção da inflorescência, do número de folhas por planta, da massa do cacho, do número de frutos por cacho, do número de pencas por cacho, do peso da 2ª penca, do número de frutos na 2ª penca e do comprimento e diâmetro de 10 frutos da 2ª penca. Não foram observadas respostas ao efeito residual da adubação orgânica aplicada e a produtividade média encontrada no experimento foi de 27,3 t/ha, com peso médio de cachos de 17,06 kg e 10,8 pencas por cacho. A produtividade, bem como o peso médio de cachos e número de pencas por cacho foram superiores ao ciclo anterior. As plantas da família (filhas e netas) se utilizaram da adubação aplicada para a planta mãe.

Palavras chave: *Musa* sp., banana, composto orgânico, adubação orgânica, produção.

#### SUMMARY

This present work, carried out in Botucatu-SP, aimed to evaluate the residual effects of organic compost rates in the growth and production of banana plants 'Prata-anã'. The residual effects of the organic compost were evaluated by pseudo stem diameter, plant height, number of leaves per plant, bunch weight, number of fruits in the bunch, number of hands in the bunch, 2<sup>nd</sup> hand weight, number of fruits in the 2<sup>nd</sup> hand, length and diameter of 10 fruits in the 2<sup>nd</sup> hand. It was not observed response to the residual of organic compost application and the productivity was 27,3 t/ha, with bunch weight of 17,06 kg and 10,8 hands per bunch. These values were bigger than the ones obtained in the first crop. It can also be concluded that plants of the 2<sup>nd</sup> production cycle made good use of the nutrients applied for the plants of the anterior cycle.

Keywords: *Musa* sp., banana, organic manure, organic fertilization, production

#### INTRODUÇÃO

O Brasil é o terceiro maior produtor mundial de frutas segundo as estatísticas da FAO (2005), com uma produção superior a 38 milhões de toneladas. Apesar da expressiva participação no cenário mundial, cerca de 12% do total produzido, o Brasil não tem conseguido se impor no importante mercado de frutas frescas, não passando de 2% de determinadas frutas, estando sua produção voltada para o mercado interno (Souza & Torres Filho, 1999). Para a banana, o que dificulta a inserção do produto no mercado internacional é que quase toda a produção é consumida no mercado interno, estando o consumo *per capita* nacional estimado em torno de 20 kg/hab./ano (Cordeiro, 2000), além da baixa qualidade dos frutos que acaba por dificultar a penetração no exigente mercado internacional (Agrianual, 2001).

As bananeiras respondem de forma favorável à adubação orgânica, pois além de fornecer nutrientes, ela ajuda a melhorar as características físicas do solo, mantendo a umidade, bem como auxilia no aumento da diversidade biológica. Na fase inicial de seu desenvolvimento o suprimento com matéria orgânica é uma prática que trás muitos benefícios, pois estimula o desenvolvimento de

<sup>1</sup> Eng. Agr. Doutorando da Faculdade de Ciências Agrônomicas - UNESP, Botucatu, São Paulo, Brasil. E-mail: [ervaljr@fca.unesp.br](mailto:ervaljr@fca.unesp.br). Bolsista Fapesp.

<sup>2</sup> Prof. Dr. do Departamento de Recursos Naturais da Faculdade de Ciências Agrônomicas - UNESP, Botucatu, São Paulo, Brasil. E-mail: [rlvboas@fca.unesp.br](mailto:rlvboas@fca.unesp.br).

<sup>3</sup> Prof. Dr. do Departamento de Produção Vegetal da Faculdade de Ciências Agrônomicas - UNESP, Botucatu, São Paulo, Brasil. E-mail: [sarinel@fca.unesp.br](mailto:sarinel@fca.unesp.br).

raízes, além de fornecer o nitrogênio, que nesta fase é de fundamental importância ao crescimento da planta (Moreira, 1987).

Os compostos orgânicos apresentam quantidades variadas de nutrientes, dependendo de sua procedência, além disso, a mineralização dos nutrientes ocorre em períodos diferentes após sua aplicação ao solo e, em função dessas diferenças ocorre dificuldade de se determinar o quanto e quando aplicar.

A velocidade de decomposição do material orgânico depende da facilidade com que esse material pode ser decomposto, de suas características químicas e do pH do meio onde este se encontra. O material baseado em celulose é decomposto três vezes mais rápido em relação às partes lenhosas ricas em taninos (Larcher, 2000). Essa diferença no tempo de decomposição dos esterco assegura um fluxo contínuo de nutrientes no solo.

Campo Dall'Orto et al. (1996) salientam que o principal efeito da adubação orgânica é na melhoria das propriedades físicas e químicas do solo. No entanto, conforme os mesmos autores, a liberação dos nutrientes dos adubos orgânicos é mais lenta que a dos adubos minerais, pois é dependente da mineralização da matéria orgânica. De acordo com a Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (1989), a conversão do nitrogênio da forma orgânica para a mineral ocorre 50% no primeiro ano, 20% no segundo ano e 30% após o segundo ano. Bartz et al. (1995) citaram que 50% do nitrogênio aplicado é mineralizado no primeiro cultivo e 20% no segundo, e no caso do fósforo, ocorre mineralização de 60% no primeiro ciclo e 20% no segundo ciclo. De acordo com Kiehl (1985), o nitrogênio orgânico aplicado ao solo é liberado aos poucos, à medida que o material se mineraliza, garantindo o suprimento mais uniforme e prolongado de nutrientes às plantas.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o crescimento e produção da segunda safra de bananeira cv. Prata-anã, em função dos efeitos residuais do composto orgânico aplicado no primeiro ciclo produtivo.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Faculdade de Ciências Agrônômicas – UNESP, em Botucatu-SP (22° 52' S, 48° 26' W e altitude 786 m) com clima temperado quente (mesotérmico) com chuvas no verão e seca no inverno (Cwa - Koppen) e temperatura média mais quente superior a 22°C (Cunha et al., 1999). O solo da área foi classificado como Nitossolo Vermelho (Embrapa, 1999).

O bananal foi implantado em novembro de 2002 com mudas convencionais do cv. Prata-anã, adotando-se o espaçamento de 2,5m entre linhas e 2,5m entre plantas. A colheita da primeira safra foi encerrada em abril de 2004. O florescimento das plantas da segunda safra teve início em junho de 2004 e a colheita dessas plantas foi realizada de janeiro a março de 2005. Na área experimental foi instalado sistema de irrigação localizada (microaspersão), com vazão de emissores de 40 L/h. O solo apresentava, na camada de 0 a 20 cm, as seguintes características químicas: pH (CaCl<sub>2</sub>) = 5,7; MO = 37 g/dm<sup>3</sup>; P (resina) = 104 mg/dm<sup>3</sup>; K = 1,3 mmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>; Ca = 91 mmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>; Mg = 20 mmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>; SB = 114 mmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>; CTC = 142 mmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>; V(%) = 78%; B = 0,32 mg/dm<sup>3</sup>; Cu = 7,9 mg/dm<sup>3</sup>; Fe = 35 mg/dm<sup>3</sup>; Mn = 12,5 mg/dm<sup>3</sup>; Zn = 4,3 mg/dm<sup>3</sup>.

Os tratamentos empregados no primeiro ano de produção foram constituídos de diferentes doses de composto orgânico: T1 = 0 g de K<sub>2</sub>O/planta (dose zero do composto - Testemunha); T2 = 98,5 g de K<sub>2</sub>O/planta (43 kg de composto/planta); T3 = 197,0 g de K<sub>2</sub>O/planta (86 kg de composto/planta); T4 = 290,5 g de K<sub>2</sub>O/planta (129 kg de composto/planta); T5 = 394,0 g de K<sub>2</sub>O/planta (172 kg de composto/planta), sendo as doses de composto calculadas de acordo com o teor de potássio presente no composto. A adubação anual, utilizando o composto produzido a partir de serragem de madeira e esterco bovino como fonte de nutrientes, foi dividida em 5 parcelas, aplicadas a cada dois meses, nas quantidades determinadas para cada tratamento. O composto empregado como fonte de nutrientes apresentava as seguintes características: pH = 7,50; relação C/N = 25/1; Um = 62%; MO = 77%. Em porcentagem apresentou: N = 1,75; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> = 1,44; K<sub>2</sub>O = 0,60; Ca = 1,96; Mg = 0,33; S = 0,30; C = 42,78; e em mg kg<sup>-1</sup>: Fe = 2450; Cu = 56; Mn = 114; Na = 1600; Zn = 112. Para a segunda safra, avaliou-se o efeito residual destes tratamentos aplicados no primeiro ano de produção.

O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados, com 5 tratamentos, 5 repetições e 2 plantas úteis por parcela. Os dados foram submetidos à análise de variância e para os parâmetros considerados significativos pelo teste F, à análise de regressão.

Os efeitos residuais da adubação orgânica nas plantas foram avaliados através de mensurações realizadas na ocasião da emissão da inflorescência, como diâmetro do pseudocaule a 30 cm do solo (cm), da altura de inserção da inflorescência (cm) e do número de folhas por planta, e

na colheita dos cachos determinou-se a massa do cacho (kg), o número de frutos por cacho, número de pencas por cacho, peso da 2ª penca, número de frutos na 2ª penca e comprimento (cm) e diâmetro (mm) de 10 frutos da 2ª penca.

A duração do ciclo do florescimento à colheita foi determinada medindo-se o intervalo de dias entre o lançamento da inflorescência e a colheita do cacho.

Os cachos foram colhidos quando os frutos da segunda penca atingiram o diâmetro de 36mm, sendo esta medida realizada com paquímetro digital, no meio dos frutos localizados na posição mediana da segunda penca.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na segunda safra da bananeira 'Prata-anã' não foram aplicados os tratamentos (doses de composto orgânico), objetivando diminuir os teores de potássio do solo e verificar os efeitos residuais desse material orgânico aplicado. Dessa forma os resultados encontrados nessa safra foram influenciados pelos tratamentos do ciclo anterior. Conforme se observa na Tabela 1, no 2º ciclo não foram detectadas diferenças significativas nas características de crescimento avaliadas. Tanto na altura de plantas (média de 3,46m) como na circunferência do pseudocaule a 30cm do solo (média de 95,6cm) foram observados valores superiores no 2º ciclo quando comparados ao primeiro ciclo: médias de 2,65m e 75,8cm, respectivamente, conforme Damatto Junior (2005).

Brasil et al. (2001) trabalhando com doses de N e K em bananeira cv. Pioneira encontraram apenas efeitos significativos de doses de N para circunferência de pseudocaule e altura média de plantas aos 240 dias, sendo que os tratamentos com doses de K não apresentaram efeitos em relação às variáveis estudadas.

Tabela 1: Altura de plantas, circunferência de pseudocaule, número de folhas por planta e número de dias entre o florescimento e a colheita de bananeira Prata-anã, adubada com diferentes doses de composto orgânico, em Botucatu/SP no 2º ciclo de produção (janeiro/2004 a novembro/2004).

| Tratamentos                | Altura de Plantas (m) | Circunferência de Pseudocaule (cm) | Nº de folhas por planta | Dias entre floresc. e colheita |
|----------------------------|-----------------------|------------------------------------|-------------------------|--------------------------------|
| T1: 0 kg composto/planta   | 3,47                  | 95,8                               | 10,6                    | 181                            |
| T2: 43 kg composto/planta  | 3,42                  | 95,0                               | 10,4                    | 185                            |
| T3: 86 kg composto/planta  | 3,47                  | 95,8                               | 9,8                     | 192                            |
| T4: 129 kg composto/planta | 3,47                  | 94,2                               | 10,4                    | 194                            |
| T5: 172 kg composto/planta | 3,47                  | 97,2                               | 10,2                    | 190                            |
| Médias                     | 3,46                  | 95,6                               | 10,3                    | 188                            |
| CV (%)                     | 5,84                  | 8,19                               | 10,25                   | 8,78                           |

Na Tabela 1 é possível verificar que também não houve diferença significativa ( $p > 0,05$ ) entre os tratamentos para o número de folhas, no momento do florescimento, apresentando como média 10,3 folhas por planta, número esse bastante inferior aos encontrados no ciclo anterior, que foi de 17,4 folhas por planta (Damatto Junior, 2005).

O período entre o florescimento e a colheita não foi influenciado pelos tratamentos aplicados, apresentando como média 188 dias; entretanto, período menor que o encontrado por Damatto Junior (2005) no primeiro ciclo, que foi de 267 dias. Esse encurtamento no ciclo das plantas é influenciado por fatores, como clima e também de acordo com o manejo empregado na cultura (condução das plantas, práticas culturais, uso de irrigação e nutrição). Trabalhando com bananeira 'Prata-anã' em Botucatu/SP, Gomes (2004) observou um período entre o florescimento à colheita de 123 dias. Rodrigues et al. (2001) empregando o mesmo cv. Prata-anã em Jaíba/MG observaram que o período entre o florescimento e a colheita foi de 126 dias, porém as condições climáticas do norte de Minas favorecem um ciclo mais curto para a bananeira, quando comparadas às condições climáticas de Botucatu. As diferenças encontradas por esses autores e também neste trabalho, na duração dos ciclos, podem ser explicadas devido ao clima, uma vez que a cultura é extremamente sensível às baixas temperaturas, paralisando seu crescimento com temperaturas inferiores a 13°C. Silva et al. (2000) relatam que a temperatura e mudas mais altas proporcionam menor tempo de florescimento até a colheita.

Os parâmetros de produção avaliados na segunda safra das bananeiras, como peso do cacho, número de frutos por cacho, número de pencas por cacho, peso da 2ª penca, número de frutos na 2ª penca e comprimento de frutos não mostraram diferenças significativas para os tratamentos

aplicados no ciclo anterior, apresentando como médias 17,06 kg, 158 frutos, 10,84 pencas, 1,74 kg, 17 frutos e 12,48 cm, respectivamente, como pode ser observado na Tabela 2.

Com os dados médios de peso de cacho e a densidade de 1600 plantas/ha, determinou-se a produtividade média de 27,3 t/ha, produtividade esta superior ao ciclo anterior, que foi de 26,4 t/ha (Damatto Junior, 2005), a qual também foi superior à encontrada por Gomes (2004) nas mesmas condições experimentais (23,49 t/ha) e muito superior à média do país, que foi de 12,17 t/ha no ano de 2003 (FAO, 2004). Essa alta produtividade encontrada nas plantas da segunda safra, mesmo não reaplicando a adubação orgânica, pode ser devido ao potássio e outros nutrientes terem sido absorvidos e acumulados por essas plantas durante o primeiro ano em campo.

Tabela 2: Peso do cacho, número de frutos por cacho, número de pencas por cacho, peso e número de frutos da 2ª penca, comprimento e diâmetro de frutos de bananeira 'Prata-anã', adubada com diferentes doses de composto orgânico, em Botucatu/SP no 2º ciclo de produção (janeiro/2004 a novembro/2004).

| Tratamentos                | Peso cacho (kg) | Frutos/cacho | Penca /cacho | Peso 2ª penca (kg) | Frutos 2ª penca | Compr. frutos (cm) | Diâmetro frutos (mm) |
|----------------------------|-----------------|--------------|--------------|--------------------|-----------------|--------------------|----------------------|
| T1: 0 kg composto/planta   | 19,96           | 163          | 11,0         | 2,04               | 17,2            | 13,37              | 34,58 a              |
| T2: 43 kg composto/planta  | 18,07           | 162          | 11,0         | 1,81               | 16,8            | 12,57              | 33,71 ab             |
| T3: 86 kg composto/planta  | 15,11           | 158          | 10,4         | 1,53               | 16,6            | 12,23              | 31,11 b              |
| T4: 129 kg composto/planta | 16,01           | 159          | 11,0         | 1,74               | 17,0            | 12,25              | 31,14 b              |
| T5: 172 kg composto/planta | 16,14           | 147          | 10,8         | 1,60               | 17,6            | 12,00              | 32,42 ab             |
| Médias                     | 17,06           | 158          | 10,8         | 1,74               | 17,0            | 12,48              | 32,59                |
| CV (%)                     | 21,72           | 18,25        | 8,58         | 20,13              | 10,88           | 7,71               | 4,96                 |

Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O peso do cacho determinado nesta safra de produção da bananeira 'Prata-anã' (17,06 kg) foi superior aos encontrados por outros autores. Gomes (2004), Rodrigues et al (2001), Pereira et al. (2001), Damatto Junior (2005), trabalhando com o cv. Prata-anã encontraram peso médio de cacho de 10,45 kg; 12,49 kg; 11,1 kg; 16,4 kg, respectivamente, no primeiro ciclo.

O número de frutos e de pencas por cacho e o número de frutos na 2ª penca não mostraram efeitos significativos quanto às doses de composto aplicado, pois estas características são inerentes do cultivar e mostram pouca variação no campo. O número de frutos por cacho, bem como o número de pencas estão próximos aos obtidos por Gomes (2004), sendo que o número de frutos por cacho (158 frutos) foi superior aos encontrados por Pereira et al. (2001), cuja quantidade por cacho foi de 103 frutos. Rodrigues et al. (2002) obteve número de pencas um pouco abaixo dos encontrados neste trabalho (8,6 pencas por cacho). O mesmo autor determinou o peso médio da segunda penca de 1,73 kg, valor este próximo aos encontrados no presente ensaio (1,74 kg).

Os frutos apresentaram um comprimento médio de 12,48 cm, valores estes semelhantes aos encontrados por Rodrigues et al. (2001) (13,38 cm) e superiores aos verificados por Guerra (2001), que obteve frutos com comprimento de 10 cm.

O diâmetro dos frutos foi o único parâmetro avaliado que apresentou diferença, onde os frutos com maior diâmetro foram encontrados na testemunha (Tabela 2). Contudo, os frutos nessa segunda colheita apresentaram diâmetro médio menor (32,6 mm) que na safra anterior (36,3 mm), possivelmente pelo maior número de pencas e frutos por cacho, o que ocasionou uma maior demanda nutricional para o enchimento destes frutos que aumentaram em quantidade. Mesmo assim, o diâmetro dos frutos da segunda penca estão próximos aos valores aos observados por Rodrigues et al. (2001), que obtiveram frutos com diâmetro de 34,5 mm na segunda safra. Porém a questão de diâmetro de frutos é bastante variável, pois este é um dos fatores que determinam o ponto ideal de colheita, dependendo do destino que se pretende dar aos frutos, onde normalmente frutos para consumo local são colhidos com diâmetros maiores, enquanto que frutos para serem transportados às distancias maiores são colhidos mais verdes (diâmetro menor).



## CONCLUSÕES

- 1 - Não foram observadas respostas ao efeito residual da adubação orgânica aplicada no primeiro ciclo de produção (tratamentos) nos parâmetros de crescimento e produtividade de frutos da bananeira 'Prata-anã' para a segunda safra.
- 2 - Os efeitos residuais das adubações devem ser avaliados em mais de um ciclo, pois possivelmente esses resultados serão bastante diferentes em função da exportação dos nutrientes pelos frutos, ao longo das safras.
- 3 - A produtividade média encontrada no experimento foi de 27,3 t/ha, com peso médio de cachos de 17,06 kg e 10,8 pencas por cacho, valores esses que foram considerados bastante satisfatórios, mesmo não havendo aplicação da adubação orgânica para a segunda safra da bananeira 'Prata-anã'.
- 4 - A produtividade, bem como o peso médio de cachos e número de pencas por cacho foram superiores ao ciclo anterior.
- 5 - As plantas da família (filhas e netas) se utilizaram da adubação aplicada para a planta mãe.

## BIBLIOGRAFIA

1. AGRIANUAL 2001. Anuário Estatístico da Agricultura Brasileira. São Paulo: FNP Consultoria & Comércio, 2001. 492p.
2. BARTZ, H.R. (Coord.) et al. Recomendações de adubação e calagem para os estados de Rio Grande do Sul e Santa Catarina. 3ed. Passo Fundo: SBCS-núcleo Regional Sul, 1995. 224p.
3. BRASIL, E.C.; OEIRAS, A.H.L.; MENEZES, A.J.E.A. de; VELOSO, C.A.C. Desenvolvimento e produção de frutos de bananeira em resposta à adubação nitrogenada e potássica. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.35, n.12, p.2407-2414, 2001.
4. CAMPO DALL'ORTO, F.A. et al. Frutas de clima temperado II: Figo, maçã, marmelo, pêra e pêssego em pomar compacto. In: RAIJ, B. van. et al. (Ed.). Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. 2 ed. Campinas: Fundação Instituto Agrônomo (IAC), 1996, p.139-140.
5. COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais, 4. aproximação. Lavras, 1989. 176p.
6. CORDEIRO, Z.J.M. Introdução. In: Banana. Produção: aspectos técnicos. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2000. p.9. (Frutas do Brasil; 1).
7. CUNHA, A.R.; KLOSOWSKI, E.S.; GALVANI, E.; SCOBEDO, J.F.; MARTINS, D. Classificação climática para o município de Botucatu-SP, segundo Koppen. In: SIMPÓSIO EM ENERGIA NA AGRICULTURA, 1., 1999, Botucatu. Anais... Botucatu: Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, 1999. p.487-491.
8. DAMATTO JUNIOR, E.R. Efeitos da adubação com composto orgânico na fertilidade do solo, desenvolvimento, produção e qualidade de frutos de bananeira 'Prata-anã' (Musa AAB). 2005. 70f. Dissertação (Mestrado em Agronomia / Energia na Agricultura). Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2005.
9. EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Rio de Janeiro: EMBRAPA/SOLOS, 1999. 412p.
10. FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/faostat>>. Acesso em: 16 novembro 2005.
11. GOMES, E.M. Crescimento e produção de bananeiras 'Prata-anã' e 'Maçã' fertirrigadas com potássio. 2004. 76f. Tese (Doutorado em Agronomia / Irrigação e Drenagem). Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2003.
12. GUERRA, A.G. Fertirrigação com nitrogênio e potássio utilizando sistema de irrigação por microaspersão na cultura da bananeira 'Prata-anã'. 2001. 69f. Tese (Doutorado em Agronomia / Produção Vegetal). Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2001.
13. KIEHL, E.J. Fertilizantes orgânicos. Piracicaba: Agrônoma Ceres. 1985. 492p.
14. LARCHER, W. Ecofisiologia Vegetal. São Carlos: Rima Artes e Textos, 2000. 531p.
15. MOREIRA, R.S. Banana: teoria e prática de cultivo. Campinas: Fundação Cargil, 1987. 335p.
16. PEREIRA, L.V.; SILVA, C.R. de R. e; ALVARENGA, A.A. Influência do tipo de muda no comportamento vegetativo e produtivo de bananeira cv. Prata-anã. Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal, v.23, n.1, p.164-167, 2001.
17. RODRIGUES, M.G.V.; SOUTO, R.F.; MENEGUCCI, J.L.P. Influência do ensacamento do cacho na produção de frutos da bananeira 'Prata-anã' irrigada, na região norte de Minas Gerais. Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal, v.23, n.3, p.559-562, 2001.
18. RODRIGUES, M.G.V.; SOUTO, R.F.; MENEGUCCI, J.L.P. Efeito da poda da última penca do cacho na bananeira 'Prata-anã' irrigada, na produção de frutos no norte de Minas Gerais. Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal, v.24, n.1, p.108-110, 2002.
19. SILVA, S. de O.; ROCHA, S.A.; ALVES, E.J.; CREDICO, M.D.; PASSOS, A.R. Caracterização morfológica e avaliação decultivares e híbridos de bananeira. Revista Brasileira de Fruticultura, Cruz das Almas, v.22, n.2, p. 161-169, 2000.
20. SOUZA, J. da S.; TORRES FILHO, P. Aspectos socioeconômicos. In: ALVES, E.J. A cultura da banana: aspectos técnicos, socioeconômicos e agroindustriais. 2ed., rev. Brasília: Embrapa-SPI / Cruz das Almas: Embrapa-CNPMF, 1999. p.507-524.

## **MANAGEMENT OF BANANA NITROGEN FERTILIZATION: TAKING INTO ACCOUNT NITROGEN FROM ORGANIC ORIGIN**

### **RAISONNEMENT DE LA FERTILISATION AZOTEE SOUS CULTURE BANANIERE : PRISE EN COMPTE DE L'AZOTE D'ORIGINE ORGANIQUE**

Marc Dorel<sup>1</sup>; Philippe Tixier<sup>2</sup> & Raphaël Achard<sup>2</sup>

#### **SUMMARY**

Strategies for banana nitrogen fertilization rarely consider nitrogen supply by soil organic matter or crop residues mineralization. Results of a trial comparing different levels of nitrogen fertilization showed no yield increase above a nitrogen fertilization level markedly lower than recommendations based on crop nitrogen uptake. This result suggests that, besides fertilizers, others sources of nitrogen that are not taken into account in conventional program of fertilization are available for banana nutrition. Nitrogen amounts released from soil organic matter mineralization depend on soil characteristics. In Caribbean high altitude andosols e.g., soil organic matter mineralization covers an important part of banana nitrogen requirements. The SIMBA model simulates the dynamics of banana nitrogen uptake and crop residues return. It can be used to schedule fertilizer applications in order to limit leaching risks while maintaining in the soil sufficient amount of available nitrogen to meet plant requirements.

Keywords: management, N supply, requirements.

#### **RESUME**

Les règles de fertilisation azotée en bananeraie prennent rarement en compte l'azote fourni par la minéralisation de la matière organique du sol ou des résidus de culture. Les résultats d'une expérimentation comparant différentes doses d'azote montrent qu'à partir d'un niveau de fertilisation azotée inférieure aux recommandations établies sur la base des prélèvements par la culture il n'y a plus d'augmentation du rendement. Ceci suggère que l'azote des engrais n'est pas la seule source d'azote pour le bananier et l'existence d'une offre d'azote non prise en compte dans la fertilisation conventionnelle. La matière organique du sol fournit des quantités d'azote minéral très variables en fonction du type de sol. Dans les andosols d'altitude des Antilles, les quantités d'azote issues de la minéralisation de la matière organique du sol couvrent une partie importante des besoins du bananier. L'utilisation d'un modèle simulant la dynamique des restitutions organiques et de l'absorption d'azote par le bananier (SIMBA) permet de définir des stratégies de fertilisation garantissant la satisfaction des besoins du bananier tout en limitant les pertes d'azote par lessivage.

#### **INTRODUCTION**

Mineral nitrogen available for banana nutrition originates mainly from (i) soil organic matter mineralization, (ii) crop residues mineralization and (iii) fertilization. Nitrogen fertilization management aims at adjusting fertilizer applications in such a way that supply of nitrogen fit with crop demand. The objective is to minimize the waste of nitrogen due to leaching or run-off. Concerning banana crop, fertilization management faces two main difficulties. The first difficulty is the lack of sufficient knowledge concerning organic matter mineralization in tropical conditions. There are especially few references about degradation rate of crop residues in function of climatic conditions or about organic matter protection by components of tropical soils such as allophane, Al or Fe. The second difficulty is due to the progressive loss of synchronization of the bananas with time making difficult to fit fertilizer applications with the variation of banana demand. These difficulties lead, in order to secure yield, to recommend nitrogen fertilizer amounts that widely exceed nitrogen output by harvesting. Experimentation was carried out to study the influence of different levels of nitrogen fertilization on growth and nitrogen nutrition of banana. To assess soil nitrogen availability, we measured the uptake of nitrogen by banana and nitrogen mineralization in 2 liters pots containing different volcanic ash soils from Guadeloupe. The banana crop simulation model SIMBA was calibrated and tested to assist nitrogen fertilization management in order to reduce waste of nitrogen by leaching while meeting banana demand.

<sup>1</sup> CIRAD UMR System, Station de Neufchâteau 97130 Capesterre Belle-Eau (Guadeloupe) e-mail: dorel@cirad.fr

<sup>2</sup> CIRAD UPR 26, BP 214, 97285 Le Lamentin Cedex 2 (Martinique)

## MATERIAL AND METHODS:

### *. Nitrogen fertilization experimentation*

Five treatments of nitrogen fertilization were experimented in a banana plot of the CIRAD experimental station of Neufchateau in Guadeloupe (altitude 250 m, annual rainfall 3500 mm, andosol derived from volcanic ash).

The following treatments were applied:

- T 0: 20 kg N / ha / an
- T 1: 120 kg N / ha / an
- T 2: 220 kg N / ha / an
- T 3: 320 kg N / ha / an
- T 4: 420 kg N / ha / an

In all treatments, the nitrogen supply was split in 12 monthly applications.

Each treatment was replicated on five 500 m<sup>2</sup> elementary plots.

Between planting and flowering, the following measurements were carried out monthly on 10 bananas per elementary plot:

- . Banana circumference
- . Soil mineral nitrogen content in 0-20 cm layer
- . Chlorophyll content (measurement by chlorophyll-meter SPAD-502) and nitrogen content of the second leaf of the banana.

At flowering time, number of fruits on the bunch and fresh weight of the whole banana were determined

The amount of rainfall percolating through the soil or running off is calculated monthly from the following soil water balance equation:

$$\text{Drainage} = \text{Rainfall} - \square \text{ Soil water storage} - \text{Crop Evapotranspiration}$$

### *. Determination of soil organic nitrogen availability*

Soil samples were collected in the 0-20 cm layer of 12 banana plots of Guadeloupe selected on a soil topo-sequence Andosol => Nitisol derived from volcanic ash ranging from 0 to 450 m. Four plots were selected on the Neufchateau station which is located in the middle of the topo-sequence.

Soil organic nitrogen availability was determined measuring N uptake and N mineralization in 2 liters pots planted with bananas during a two months experiment.

### *. Functioning of the SIMBA Model*

The SIMBA model (Tixier *et al.*, 2004) simulates the progressive loss of synchronization of the development stages in a banana field and especially the spreading of the harvesting periods and of the crop residues return over successive crop cycles.

We added to SIMBA a sub-model « Nitrogen - organic matter » in order to evaluate, over successive crop cycles, variations in N uptake, N leaching and N supply by crop residues and soil organic matter mineralization.

The «Nitrogen - organic matter» sub-model operated as follows:

- Nitrogen leaching was calculated considering that the nitrogen concentration in water was proportional to the soil mineral nitrogen content. The soil mineral nitrogen contents measured during the nitrogen fertilization experimentation described above were used for model calibration.
- The nitrogen amount supplied by soil organic matter and crop residues mineralization was calculated according to Hénin and Dupuis (1945). The coefficient of crop residues mineralization (K1) was determined from findings of Godefroy (1974). This author reported that, after one year, 55 % of nitrogen from banana crop residues remains in soil organic matter while the other part is mineralized. The coefficient of mineralization of soil organic matter (K2) was evaluated from results of the nitrogen availability experiment presented above.
- Banana N uptake was calculated from dry matter production considering that N content of the whole plant was 1% (Turner 1990).

## RESULTS AND DISCUSSION

### *Experimental results*

For the plant crop, we did not observe any significant difference in bananas growth (figure 1) and in yield indicators (fruits number, flowering date) between the N fertilization treatments.

Nevertheless, chlorophyll and nitrogen content of the second leave were significantly different between the N fertilization treatments (figures 2 and 3). These indicators of N nutrition seem more sensitive than yield indicators to the level of N fertilization.

At planting, soil mineral nitrogen contents were high probably because of previous crop residues mineralization (non-presented). After planting, nitrogen contents exhibited high variations apparently due to leaching. We observed a close relationship between the waste of nitrogen per millimeter of water evacuated by drainage and the soil mineral nitrogen content (figure 4): the higher the soil mineral nitrogen content, the higher was the waste of N by leaching.

Banana N uptake from planting to flowering, calculated from the weight of the whole banana, was about 230 kg N/ha whatever the nitrogen fertilization treatment. Nitrogen supply by fertilizer from planting to flowering was however 10, 60, 110, 160, and 210 kg N /ha in the treatments T0, T1, T2, T3 and T4. Nitrogen fertilization was thus below banana N uptake in all treatments. These results suggest a high contribution to banana nutrition of nitrogen originating from previous crop residues and soil organic matter mineralization.

The measurements of nitrogen uptake and mineralization in 2 liters pots showed that the amounts of nitrogen mineralized in the 0-20 cm layer for two months ranged from 30 kg to 120 kg N/ha, depending on soil type and soil organic matter content (figure 5).

We notice that the andosol, despite higher organic matter content, released the same amount of mineral nitrogen as Nitisols. The constituents of Andosol (allophane, Al, Fe) are known to protect organic matter against microbial degradation and to reduce the availability of organic nitrogen (Dahlgren et al, 2004; Dorel et al, 2006). However, the amount of nitrogen mineralized in the perhydrated andosol from the top of the topo-sequence, which exhibited the highest organic matter content, was three times greater than in the nitisol or in the andosol located at lower altitude. In the soil of Neufchateau, where was performed the N fertilization experimentation, organic matter released about 40 kg mineral N /ha for two months. This amount is the half of the mean nitrogen uptake observed for two months during the nitrogen fertilization experimentation.

These results explain the lack of effect of the fertilization treatments on the growth and on the yield of the plant crop. The increase of nitrogen leaching proportionally to the soil mineral nitrogen content, the supply of high amount of mineral nitrogen by previous crop residues and soil organic matter mineralization have certainly reduce the difference of available nitrogen between the five fertilization treatments.

### *Simulation with the SIMBA model*

Our experimental results enabled to parameterize the sub-model « Nitrogen-Organic Matter » of SIMBA.

The model was used to predict the variations of soil mineral nitrogen and the terms of the nitrogen balance (inputs and outputs) over successive crop cycles. The amount of nitrogen supply had only a slight influence on soil mineral nitrogen dynamics (figure 6). Soil mineral nitrogen exhibited high variations during the first crop cycles. Soil nitrogen decreased drastically when high plant demand and intense leaching occur at the same period (figure 7). As soon as nitrogen outputs (plant uptake, leaching) became lower, organic matter mineralization and fertilizer supply contributed to increase soil mineral nitrogen.

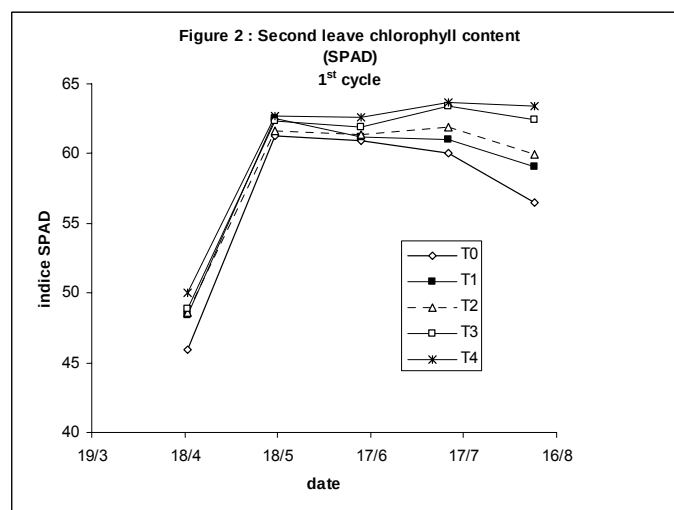
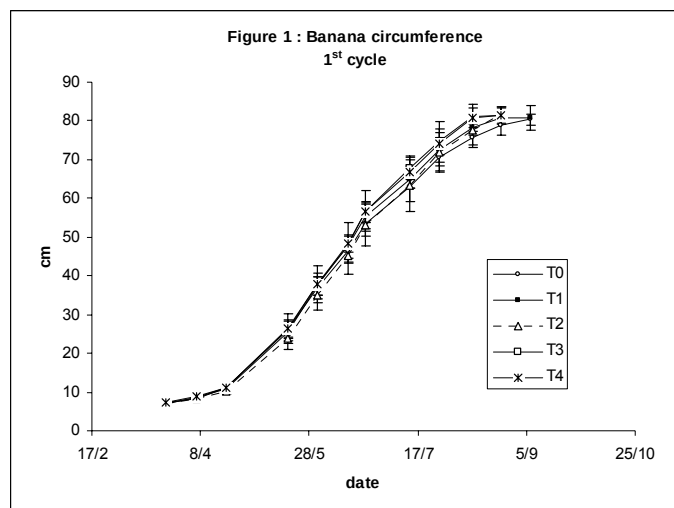
Changes of soil mineral nitrogen tended to lessen with time. After several crop cycles, we observed a progressive spreading of nitrogen uptake and nitrogen mineralization due to the loss of synchronization of the stages of development in the banana plot.

The method proposed by Godefroy (1983) to manage banana fertilisation take into account the waste of nitrogen by leaching and recommends applying a nitrogen fertilizer when the cumulated rainfall since the last fertilizer application reach a critical threshold. This method was designed for asynchronous banana field with many stages of development present at one time. In that case crop nitrogen demand can be considered as constant all through the year. For the first crop cycles, exhibiting still a synchronization of development between the bananas, fertilization management must take into account the variations of crop nitrogen demand and nitrogen supply by crop residues mineralization. The SIMBA model enables to predict the dynamics of demand and supply of nitrogen in a banana plot.

It can be used to schedule fertilizer applications in order to (i) limit mineral nitrogen accumulation in soil (reduction of leaching risks) and (ii) to maintain sufficient amount of available nitrogen to meet plant requirements

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Dahlgren R.A., Saigusa M., Ugolini F.C. 2004. The Nature, Properties and Management of Volcanic Soil. *In* Advances in Agronomy, Sparks Ed. pp.113-182.
2. Dorel M., Dumont J., Oliver R., 2006. Nitrogen availability in Caribbean volcanic ash soil under banana cultivation. *Soil Use and Management*. Soumis
3. Godefroy 1974. Evolution de la matière organique du sol sous culture du bananier et de l'ananas. Relations avec la structure et la capacité d'échange cationique. Thèse Université de Nancy. 166 p.
4. Godefroy J., Dormoy M. 1983. Dynamique des éléments minéraux fertilisants dans les sols des bananeraies martiniquaises. *Fruits*, vol 38, n° 5 et 6, pp 373-387 et 451-459
5. Hénin S. et Dupuis M., 1945 - Essais de bilan de la matière organique du sol. *Annales Agronomique* 15, pp. 17-29
6. Tixier, P., Malézieux, E., and Dorel, M., 2004. SIMBA-POP: a cohort population model for long-term simulation of banana crop harvest. *Ecological Modelling*, 180, 407-417.
7. Tixier, P., 2004. Conception assistée par modèle de systèmes de cultures durables, application aux systèmes bananiers de Guadeloupe. Thèse de l'Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Montpellier. 233p.
8. Turner D.W. 1990. Modelling demand for nitrogen in the banana. *Acta Horticulturae* 275, 497-503





## MANEJO DE LA NUTRICION Y FUENTE DE MATERIA ORGANICA EN EL CULTIVO DE PLATANO (MUSA AAA), MUNICIPIO DE HUEHUETAN, CHIAPAS

### MANAGMENT OF NUTRITION AND ORGANIC MATTER SOURCE ON BANANA CROP (MUSA AAA) IN THE MUNICIPALITY OF HUEHUETAN, CHIAPAS

Vicente Lee Rodríguez<sup>1</sup>; José Noe Lerma Molina<sup>2</sup>; Orlando López Baez<sup>3</sup> & Juan Manuel Garza Hernández<sup>4</sup>

Cuerpo Académico Agricultura Tropical Ecológica.

#### RESUMEN

El plátano tiene una gran demanda a nivel mundial, en México se destacan los estados de Chiapas, Tabasco y Veracruz como los principales productores. En el área del Soconusco Chiapas, fue el cultivo con mayor área plantada (12,000 ha). y en los últimos años se ha reducido (2,500 ha), debido al incremento excesivo en los costos de producción (control de sigatoka, aplicación de fertilizantes) y a los bajos precios en los mercados nacional e internacional. Por lo cual se planeo el presente estudio de nutrición y manejo de residuos de cosecha (MRC) (el plátano produce de 175 a 200 T/ha/año, con el 70% de los nutrimentos aplicados) con objeto de aumentar los contenidos de materia orgánica (M.O.) y mejorar la rizosfera del suelo en el cultivo. Se estudiaron 4 niveles de nutrición líquida (N, P, K + elementos menores) 100, 200, 300 y 400 ml/planta/ aplicación (cada 25 o 30 días), una combinación de 300ml + 300 grs. CaO y dos testigos 0 ml y 150 gr. de NPK (formula que tradicionalmente maneja el productor) con y sin MRC. El estudio se condujo durante 22 meses. Las variables altura de plantas, diámetro y peso del pseudotallo, numero de hojas al momento de floración y de cosecha, numero de manos, grado y longitud del dedo central y rendimiento, fueron evaluadas en las plantas madres y e hijas; el contenido de M.O. se determino al inicio y al final del estudio. En las plantas madre no se detectaron diferencias estadísticamente significativas; en las plantas hija, con excepción del numero de hojas al momento de la cosecha, todas las variables mostraron diferencias estadísticas. La mejor altura, diámetro del pseudotallo, hojas al momento de floración, numero de manos y rendimiento se detecto en el tratamiento 300 + MRC. Las plantas hijo tuvieron una mejor respuesta debido al manejo de los fertilizantes líquidos y las fuentes de M.O. y a sus beneficios en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Aun cuando el estudio se condujo por un corto tiempo (22 meses), se obtuvo un incremento de 1.0 a 1.5 % de M.O. en relación con el contenido original de 3.1 %

Palabras clave.- manejo, residuos, cosecha, nutrición, líquida

#### SUMMARY

The banana has a great demand all over the World. In Mexico, it is cultivated in 16 states and Chiapas, Tabasco and Veracruz are the main producers. In the Soconusco area of Chiapas, bananas have the best climate and soil conditions for growth and were the main crop, representing the major planting area (12,000 ha). In the last 5 or 8 years this has been drastically reduced (2,500 ha), due to the excessive increase in cost production (Sigatoka control, fertilizer applications) and low prices at the national and international market. This was the reason to study nutrition and crop residue management (banana produce between 175 and 200 T/ha/year whit the 70 % of the nutrient applied), in order to increase organic matter content and to improve the crop rizosphere conditions at the banana finca Anvirama, located at the county Huehuetán, Chiapas. The study was to evaluate 4 levels of liquid fertilizers (N, P, K + minor elements) 100, 200, 300 and 400 ml / plant / application (each 25 or 30 days), a combination of 300 ml + 300 grs CaO and two checks 0 ml liquid fertilizer and 150 grams of NPK in solid form, the last being the traditional management by the farmer, whit and without crop residues management. The study was conducted during 22 months. The variables plant high, stem diameter, leaves at flowering and at harvest, weight of a bunch, hands number, grade and length of

<sup>1,2,3,4</sup> Profesores- Investigadores de la Facultad de Ciencias Agrícolas Campus-IV de la Universidad Autónoma de Chiapas.

<sup>1</sup>. leevic5@hotmail.com

<sup>2</sup>. josenoelm@prodigy.net.mx

<sup>3</sup>. olopez@unach.mx



central finger and yields were taken at the mothers and sons plants. Organic matter content was determined at the beginning and the end of the study. At mothers plants no statistical differences was detected in the variables, at the sons plants, with exception of number of leaves at harvest time, all the variables showed statistical differences. The best height, stem diameter, leaves at flowering time, numbers of hands and yields were found at the treatment 300 ml + crop residues management. The sons' plants have had the best response due to the liquid fertilizers and the management of organic matter sources and it is benefit on the physical, chemical and biological soil properties. Even in that short period of time that the study was conducted (22 months), there was an increase of 1.0 to 1.5 % O.M. in relation with the original content of 3.1 % O.M. showing improvement the soil-banano rizosphere.

## INTRODUCCION.

Es una de las frutas básicas en la dieta alimenticia por su alto valor nutritivo y disponibilidad durante todo el año, además de que es permisible comercializarse ampliamente en los mercados nacionales y extranjeros por su alta accesibilidad constituyendo junto con el café, mango y papaya a la base de la economía tropical mexicana.

En México, el cultivo se localiza en varias entidades federativas entre las que destaca Chiapas por ser uno de los principales productores, con su macro-región productora del Soconusco.

En el trópico húmedo de la región del Soconusco, Chiapas, único en el mundo por sus condiciones edafoclimáticas ideales para el desarrollo y producción del plátano, hasta el año 1997 se tenían plantadas de 11 a 12 mil hectáreas con rendimientos de 70 a 120 t/ha de calidad excelente, de alta rentabilidad y uno de los frutales con mas alta generación de empleos. Actualmente se tienen de 2.5 a 3 mil hectáreas con rendimientos en un rango de 50 a 60 t/ha, de baja calidad, muy reducida rentabilidad y baja generación de empleos.

Dicha situación se debió a los significativos incrementos en los costos de producción en dos rubros principales, el excesivo uso de agroquímicos en el control de la sigatoka negra y nematodos (de 40 a 45 aplicaciones por año) y al desbalanceado y alto consumo de fertilizantes; este manejo rutinario que por varias décadas se viene realizando en todas las plantaciones bananeras del estado han afectado la actividad física, química y principalmente biológica de la rizosfera del suelo-cultivo (Lee y Lerma, 2004). Esta situación no es exclusiva de México si no que desde hace 10 años, también se esta presentando en América Central, Sur y el Caribe (Rosales y Jaramillo, 2004 ). Por lo que resulta obvio que dentro de las alternativas mas viables para rescatar la rentabilidad del cultivo es bajar los costos de producción, a través de estudios en donde se incremente la eficiencia de los fertilizantes mediante el manejo de los residuos de cosecha del cultivo (se producen de 175 a 200 ton/ha por año, ( con el 70 al 75 % de los nutrimentos absorbidos) y fuentes de materia orgánica de origen animal (estiércoles secos y molidos) para aumentar los contenidos de materia orgánica y rescatar y activar la rizosfera del cultivo.

## MATERIALES Y METODOS

El estudio se realizó en la finca "Anvirama", ubicada en el Municipio de Huehuetán, Chiapas, con una precipitación superior a los 2415 mm anuales y un período de lluvias comprendido de junio a noviembre, García (1973).

Las características edáficas del área experimental cubrieron las requeridas para el plátano, suelos profundos, de textura migajón arenosa, con bajos contenidos de materia orgánica (de 1.5 a 2.0 %), permeables, sin estructura definida, características típicas de los suelos más representativos de las áreas plataneras en el Soconusco.

La plantación tenía tres años de edad con el clon enano gigante plantado en doble hilera con 1.0 m. entre hileras de plantas, 2.0 m entre planta y planta y 4.0 m entre calles de cada doble hilera, dando un total de 2,300 plantas ha<sup>-1</sup>, en donde se seleccionó un área de 2,112 m<sup>2</sup> lo más homogéneo posible con respecto a la pendiente y condiciones edáficas.

Los tratamientos utilizados se presentan en el cuadro1, para su selección se consideró el programa de nutrición y manejo agronómico de las fincas plataneras en el Soconusco y la nutrición líquida fue basada en los beneficios que se reportan en el trópico húmedo principalmente con relación a los fertilizantes nitrogenados Esponda (2000). Los tratamientos fueron aleatorizados bajo un diseño experimental de bloques completos al azar, con cuatro repeticiones ubicadas en sentido perpendicular a la pendiente y horizontal al cable vía. La unidad experimental fue un surco doble con ocho plantas, cuatro plantas por hilera y la parcela útil fueron las cuatro plantas centrales. Las frecuencias de

aplicación de los tratamientos fue cada 25 a 30 días según la fórmula fertilizante correspondiente, cuya composición fue a partir de macro y micronutrientes cuya composición se presenta en el cuadro 2

Posteriormente se aplicó el volumen que correspondió a cada tratamiento. Las proporciones, cantidades, equivalencias de los elementos y costos se presentan en los cuadros 2, 3, 4, 5.

Entre las dos hileras de plantas y medio metro hacia la calle, se manejaron encima del suelo los residuos de cosecha y maleza proveniente de los saneos, deshijes, limpiezas; que se realizaron al cultivo durante su ciclo de desarrollo. Los residuos fueron semipicados y encima se aplicó, alrededor de la planta la fórmula fertilizante correspondiente, la cantidad estimada de residuos fue de 175 a 200 T/ha por año de material fresco.

El calcio se adicionó en 300 gr por planta (cal hidratada) la cual se aplicó al voleo sobre el suelo alrededor de las plantas, para evaluar su función como nutriente con el manejo de residuos de cosecha y limpio.

En el estudio se manejaron cuatro testigos, dos testigos absolutos uno con residuos de cosecha y el otro limpio y dos testigos correspondientes al manejo del agricultor con nutrimentos sólidos; sin y con residuos de cosecha. La cantidad, proporción, equivalencias de los elementos y costos de los nutrimentos sólidos se presentan en el cuadro 6.

Para el establecimiento del experimento, en el mes de septiembre, se marcaron las unidades experimentales y posteriormente se cuantificaron las características agronómicas iniciales de las cuatro plantas de la parcela útil.

Durante la conducción del experimento la aplicación de los nutrimentos en cantidades y tiempo correspondiente a cada tratamiento se realizó alrededor de las plantas y en toda el área, las actividades realizadas en el cultivo fueron las siguientes: riego, saneos, deshijes, control de malezas, control de plagas, enfermedades y la cosecha.

Al inicio del estudio en las plantas seleccionadas en la parcela útil de cada unidad experimental con diferente desarrollo agronómico, correspondieron a las madres, en donde se midieron y cuantificaron las siguientes variables, mismas que posteriormente se midieron en las plantas hijo.: grosor de pseudotallo, altura de planta, número de hojas a floración, número de hojas al corte, peso de racimo, número de manos, grosor o grado de los dedos centrales de la segunda mano, longitud de los dedos centrales de la segunda mano y los contenidos de materia orgánica (M.O.) al inicio y al final del estudio.

Las variables medidas fueron estadísticamente analizadas mediante el diseño experimental utilizado, en donde hubo efecto significativo, se hizo la prueba de rango múltiple de Tukey al 0.05 para la comparación de medias.

## RESULTADOS Y DISCUSION

Aun cuando en las plantas madre no se encontraron diferencias significativas en las variables cuantificadas, por el corto tiempo en el manejo de la fuente de materia orgánica, si se detectaron marcadas tendencias a ser superiores en los tratamientos en donde se manejaron los residuos de cosecha, como se muestra en las figuras 1, 2, 3, y 4. En las plantas hijo, con excepción de la variable número de hojas a la cosecha, todas resultaron estadísticamente significativas como se muestra en algunas variables en las figuras 5, 6, 7 y 8, en donde 300 y 400 ml / planta + manejo de residuos de cosecha fueron los mejores tratamientos.

El comportamiento general, tanto de las plantas madre como hijo, en la respuesta en tiempo a la aplicación de los tratamientos fue un tanto normal; la no clara respuesta de las plantas madres, posiblemente se debió al diferente estado fenológico en el que se encontraron las plantas seleccionadas de la parcela útil al inicio del estudio, al efecto residual de la nutrición comercial y al corto tiempo que se tuvo para que se manifestaran los efectos benéficos de la descomposición de la fuentes de materia orgánica (residuos de cosecha), motivo por el cual en las variables solo se detectaron tendencias a ser mejores en donde se manejaron los residuos de cosecha. Por el contrario en las plantas hijo la mayoría de las variables tuvo una respuesta muy significativa con el manejo de las fuentes de materia orgánica, lo cual obviamente se debió a sus efectos benéficos en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, lográndose incrementos de 1.0 a 1.5 % de M.O., con respecto al contenido original. Fue importante considerar que la frecuencia y cantidad en que se adicionen los residuos de cosecha de plátano, debe ser ligeramente superior a la velocidad de su descomposición, con objeto de no dejar sin cubierta vegetal al suelo, para controlar o prevenir los problemas de erosión hídrica en las época lluviosa; dicha situación se presentó en el nivel de 400 ml

por planta y el mayor nivel en donde se mantuvo la cubierta vegetal fue el de 300 ml por planta y en donde se encontró la mayor respuesta y rendimiento.

## CONCLUSIONES

1. El manejo de los residuos de cosecha entre las hileras de plantas fue una excelente practica para incrementar los contenidos de M.O. en el suelo de 1.0 a 1.5 % y lograr los beneficios colaterales que esto implica.
2. Los beneficios de manejar los residuos de cosecha se logran después de un ciclo del cultivo y para conservar y mejorar dichos beneficios es indispensable su continuo manejo.
3. La nutrición liquida fue mas eficiente que la sólida con y sin manejo de residuos de cosecha.
4. El continuo manejo de los residuos de cosecha del cultivo, es una tecnología excelente y económica para bajar costos de producción y rescatar el potencial productivo de los suelos plataneros del soconusco, Chiapas

## BIBLIOGRAFIA.

1. Rosales, F.M. y R. Jaramillo. 2004. Calidad de vida en la rizosfera del banano: Una visión de nuevas iniciativas en América Latina. Memorias XVI Reunión Internacional ACORBAT 2004. Oaxaca, Oax. P: 131-136.
2. García, E. 1973. Modificaciones del Sistema de Clasificación Climático de Koppen. Instituto de Geografía de México. UNAM. P: 246.
3. Lee, R.V., J.N. Lerma. 2004. Consumo Nutricional del Banano en el área del Soconusco, Chiapas. Memorias XVI Reunión Internacional ACORBAT 2004. Oaxaca, Oax. p: 105-111.

**Cuadro 1 Relación de Tratamientos de Nutrición y Manejo de Materia Orgánica de Origen Vegetal.**

| TRAT. | Formula Fertilizante<br>ml / planta | Manejo de las Fuentes<br>de M.O. |
|-------|-------------------------------------|----------------------------------|
| 1     | 0                                   | limpio                           |
| 2     | 100                                 | limpio                           |
| 3     | 200                                 | limpio                           |
| 4     | 300                                 | limpio                           |
| 5     | 400                                 | limpio                           |
| 6     | 300 + 300 gr. cal                   | limpio                           |
| 7     | 0                                   | Residuos de cosecha              |
| 8     | 100                                 | Residuos de cosecha              |
| 9     | 200                                 | Residuos de cosecha              |
| 10    | 300                                 | Residuos de cosecha              |
| 11    | 400                                 | Residuos de cosecha              |
| 12    | 300 + 300 gr. cal                   | Residuos de cosecha              |
| 13    | Sólido gr./planta                   | limpio                           |
| 14    | Sólido gr./planta                   | Residuos de cosecha              |

Formula Fertilizante.- N-P-K + Microelementos.

Cuadro 2. Composición y costos de las fórmulas fertilizantes líquidas aplicadas en dosis de 100ml. por planta en la finca "Anvirama" ubicada en el Municipio de Huehuetán, Chiapas.

| Prod. Com. En 200 Lts. agua            | Unidad en 200 lts. agua              | \$ Prod. Com. En 200 lts/H2O | Nut en 100 ml. planta                | Fórmula 1 en 5 aplic.               | \$Produc. Com. En 200lts/H2O | Formula 2 en 4 aplic. | \$Produc. Com. En 200lts/H2O | Formula 3 en 7 aplic.  | Nut. Total en 16 aplic.                |
|----------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------|-----------------------|------------------------------|------------------------|----------------------------------------|
| 50 Kg.Urea 46%                         | 23.0 Kg. N                           | 95.00                        | 11.5gr.N                             | 57.5 gr N                           | 95.0                         | 46.0                  | 95.0                         | 80.5                   | 184.0 grN                              |
| 50 Kg. KCl 60%                         | 30.0Kg.K <sub>2</sub> O              | 122.85                       | 15.0gr.K <sub>2</sub> O              | 75 gr K <sub>2</sub> O              | 122.85                       | 60.0                  | 122.85                       | 105gr.K <sub>2</sub> O | 240.0 gr K <sub>2</sub> O              |
| 10 Lts. H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> | 15.Kg. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | 144.00                       | 7.6gr. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | 38 gr P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | 0                            | 0                     | 0                            | 0                      | 38.0 gr. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> |
| 5Kg.ZnSO <sub>4</sub> 35.5%            | 1.77 Kg.Zn                           | 39.50                        | 0.88 gr.Zn                           | 4.4 gr Zn                           | 0                            | 0                     | 0                            | 0                      | 4.4 gr. Zn                             |
| 10Kg.Mg.SO <sub>4</sub> 9.7%           | 0.970 Kg.Mg                          | 35.00                        | 0.48 gr.Mg                           | 2.4 gr Mg                           | 0                            | 0                     | 0                            | 0                      | 2.4 gr.Mg                              |
| 1kg.MnSO <sub>4</sub> 31.5%            | 0.315 Kg.Mn                          | 7.90                         | 0.16 gr.Mn                           | 0.8 gr Mn                           | 0                            | 0                     | 0                            | 0                      | 0.8 gr.Mn                              |
| 5Kg.CuSO <sub>4</sub> 24%              | 1.2 Kg. Cu                           | 55.50                        | 0.60 gr.Cu                           | 3.0 gr Cu                           | 0                            | 0                     | 0                            | 0                      | 3.0 gr.Cu                              |
| 0.25 Kg. Borax 20%                     | 0.05Kg.Borax                         | 17.00                        | 0.025 gr.B                           | 0.125 grB                           | 0                            | 0                     | 0                            | 0                      | 0.125gr.B                              |
| 0.10 Kg Mo Na 31%                      | 0.03 Kg.Mo.                          | 30.32                        | 0.015 gr.Mo                          | 0.075grMo                           | 0                            | 0                     | 0                            | 0                      | 0.075gr.Mo                             |
| 15 Kg.Cal 22%                          | 3.3 Kg.Cal                           | 12.18                        | 1.65 gr.CaO                          |                                     | 12.18                        | 6.6                   |                              | 0                      | 6.6gr. CaO                             |
|                                        | Total                                | 547.07                       |                                      | Total                               | 230.03                       | Total                 | 217.85                       |                        |                                        |

Fórmula 1: 2000 plantas/200 Lts. Costo 0.27/planta/aplicación x5 aplicaciones = \$1.35 x 2000 plantas/Ha. = \$ 2700/Ha.

Fórmula 2: 2000 plantas/200 Lts. Costo 0.11/planta/aplicación x4aplicaciones = \$0.44 x 2000 plantas/Ha. = \$ 880/Ha.

Fórmula 3: 2000 plantas/200 Lts. Costo 0.10/planta/aplicación x7aplicaciones = \$ 0.70 x 2000 plantas/Ha. = \$ 1400/Ha.

Total: \$4,980

Cuadro 3. Composición y costos de las fórmulas fertilizantes líquidas aplicadas en dosis de 200 ml. por planta en la finca "Anvirama" ubicada en el Municipio de Huehuetán, Chiapas.

| Prod. Com. En 200 Lts. agua            | Unidad en 200 lts. agua                | \$ Prod. Com. En 200 lts/H2O | Nut en 200 ml. planta                  | Fórmula 1 en 5 aplic.                 | \$Produc. Com. En 200 lts/H2O | Formula 2 en 4 aplic.   | \$Produc. Com. En 200 lts/H2O | Formula 3 en 7 aplic.     | Nut. Total en 16 aplic.               |
|----------------------------------------|----------------------------------------|------------------------------|----------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------|-------------------------|-------------------------------|---------------------------|---------------------------------------|
| 50 Kg. Urea 46%                        | 23.0 Kg. N                             | 95                           | 23 gr.N                                | 115.0 gr N                            | 95.0                          | 92.0 gr N               | 95.0                          | 161.0 gr N                | 367.0 grN                             |
| 50 Kg. KCl 60%                         | 30.0Kg. K <sub>2</sub> O               | 122.85                       | 30.0 gr.K <sub>2</sub> O               | 150.0 gr K <sub>2</sub> O             | 122.85                        | 120 gr K <sub>2</sub> O | 122.85                        | 210.0 gr.K <sub>2</sub> O | 470.0gr K <sub>2</sub> O              |
| 10 Lts. H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> | 15.3 Kg. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | 144                          | 15.2 gr. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | 76.0 gr P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | 0                             | 0                       | 0                             | 0                         | 76.0gr. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> |
| 5 Kg. ZnSO <sub>4</sub> 35.5 %         | 1.77 Kg.Zn                             | 39.5                         | 1.7 gr.Zn                              | 8.5 gr Zn                             | 0                             | 0                       | 0                             | 0                         | 1.7 gr. Zn                            |
| 10Kg.MgSO <sub>4</sub> 9.7%            | 0.970 Kg.Mg                            | 35                           | 0.96 gr.Mg                             | 4.8gr Mg                              | 0                             | 0                       | 0                             | 0                         | 0.96gr.Mg                             |
| 1kg.MnSo <sub>4</sub> 31.5%            | 0.315 Kg.Mn                            | 7.9                          | 0.32 gr.Mn                             | 1.6 gr Mn                             | 0                             | 0                       | 0                             | 0                         | 0.32gr.Mn                             |
| 5Kg.CuSO <sub>4</sub> 24%              | 0.480Kg. Cu                            | 55.5                         | 1.20 gr.Cu                             | 6.0 gr Cu                             | 0                             | 0                       | 0                             | 0                         | 1.20 gr.Cu                            |
| 0.25 Kg. Borax 20%                     | 0.05 Kg. Borax                         | 17                           | 0.05 gr.Bo                             | 0.25 grBo                             | 0                             | 0                       | 0                             | 0                         | 0.05gr. Bo                            |
| 0.10 Kg Mo Na 31%                      | 0.03 Kg.Mo.                            | 30.32                        | 0.03 gr.Mo                             | 0.15 gr Mo                            | 0                             | 0                       | 0                             | 0                         | 0.03gr.Mo                             |
| 15 Kg.Cal 22%                          | 3.3 Kg.Cal                             | 12.18                        | 3.3 gr.CaO                             |                                       | 12.18                         | 13.2                    | 0                             | 0                         | 13.2gr.CaO                            |
|                                        | Total                                  | 47.07                        |                                        | Tota                                  | 230.03                        | Total                   | 217.85                        |                           |                                       |

Fórmula 1: 1000 plantas/200 Lts. Costo 0.55/planta/aplicación x 5 aplicaciones = \$2.75x 2000 plantas/Ha. = \$ 5500/Ha.

Fórmula 2: 1000 plantas/200 Lts. Costo 0.23/planta/aplicación x 4 aplicaciones = \$0.92x 2000 plantas/Ha. = \$ 1840/Ha.

Fórmula 3: 1000 plantas/200 Lts. Costo 0.22/planta/aplicación x 7 aplicaciones = \$1.54x 2000 plantas/Ha. = \$ 3080/Ha.

Total: \$ 10,420

Cuadro 4. Composición y costos de las fórmulas fertilizantes líquidas aplicadas en dosis de 300 ml. por planta en la finca “Anvirama” ubicada en el Municipio de Huehuetán, Chiapas.

| Prod. Com. En 200 Lts. agua            | Unidad en 200 lts. agua                | \$ Prod. Com. En 200 lts/H <sub>2</sub> O | Nut en 300 ml. planta                  | Fórmula 1 en 5 aplic.                  | Produc. Com. 200 lts agua \$ | Formula 2 en 4 aplic.     | \$ Produc. Com. En 200 lts/H <sub>2</sub> O | Formula 3 en 7 aplic.     | Nut. Total en 19 aplic.                 |
|----------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------|------------------------------|---------------------------|---------------------------------------------|---------------------------|-----------------------------------------|
| 50 Kg. Urea 46%                        | 23.0 Kg. N                             | 95                                        | 34.5gr.N                               | 172.5 gr N                             | 95.0                         | 138.0 gr N                | 95.0                                        | 241.5 gr N                | 552.0 grN                               |
| 50 Kg. KCl 60%                         | 30.0Kg. K <sub>2</sub> O               | 122.85                                    | 45.0 gr.K <sub>2</sub> O               | 225.0 gr K <sub>2</sub> O              | 122.85                       | 180.0 gr K <sub>2</sub> O | 122.85                                      | 315.0 gr.K <sub>2</sub> O | 720.0 gr K <sub>2</sub> O               |
| 10 Lts. H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> | 15.3 Kg. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | 144                                       | 22.8 gr. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | 114.0 gr P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | 0                            | 0                         | 0                                           | 0                         | 114.0 gr. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> |
| 5Kg. ZnSO <sub>4</sub> 35.5 %          | 1.77 Kg. Zn                            | 39.5                                      | 2.64 gr. Zn                            | 13.2 gr Zn                             | 0                            | 0                         | 0                                           | 0                         | 13.2 gr. Zn                             |
| 10Kg. MgSO <sub>4</sub> 9.7%           | 0.970 g. Mg                            | 35                                        | 1.44 gr. Mg                            | 7.2 gr Mg                              | 0                            | 0                         | 0                                           | 0                         | 7.2 gr. Mg                              |
| 1kg. MSO <sub>4</sub> 31.5%            | 0.315 Kg. Mn                           | 7.9                                       | 1.48 gr. Mn                            | 7.4 gr Mn                              | 0                            | 0                         | 0                                           | 0                         | 7.4 gr. Mn                              |
| 5Kg. CuSO <sub>4</sub> 24%             | 1.2 Kg. Cu                             | 55.5                                      | 1.80 gr. Cu                            | 9.0 gr Cu                              | 0                            | 0                         | 0                                           | 0                         | 9.0 gr. Cu                              |
| 0.25 Kg. Borax 20%                     | 0.05 g. Borax                          | 17                                        | 0.075 gr. Bo                           | 0.375 gr Bo                            | 0                            | 0                         | 0                                           | 0                         | 0.375 gr. Bo                            |
| 0.10 Kg Mo Na 31%                      | 0.03 Kg. Mo.                           | 30.32                                     | 0.04 gr. Mo                            | 0.2 gr Mo                              | 0                            | 0                         | 0                                           | 0                         | 0.2 gr. Mo                              |
| 15 Kg. Cal 22%                         | 3.3 Kg. Cal                            | 12.18                                     | 4.95                                   |                                        | 12.18                        | 19.8 gr Ca                | 0                                           | 0                         | 19.8 gr. CaO                            |
|                                        | Total                                  | 547.07                                    |                                        | Total                                  | 230.03                       | Total                     | 217.85                                      |                           |                                         |

Fórmula 1: 666 plantas/200 Lts. Costo 0.82/planta/aplicación x 5 aplicaciones = \$ 4.10 x 2000 plantas/Ha. = \$ 8200/Ha.

Fórmula 2: 666 plantas/200 Lts. Costo 0.34/planta/aplicación x 4 aplicaciones = \$ 1.36 x 2000 plantas/Ha. = \$ 2720/Ha.

Fórmula 3: 666 plantas/200 Lts. Costo 0.32/planta/aplicación x 7 aplicaciones = \$ 2.24 x 2000 plantas/Ha. = \$ 4480/Ha.  
Total: \$ 15,400

Cuadro 5. Composición y costos de las fórmulas fertilizantes líquidas aplicadas en dosis de 400 ml. por planta en la finca “Anvirama” ubicada en el Municipio de Huehuetán, Chiapas.

| Prod. Com. En 200 Lts. agua            | Unidad en 200 lts. agua                | \$ Prod. Com. en 200 lts/agua | Nut en 400 ml. planta                  | Fórmula 1 en 5 aplic.                | \$Prod. Com. en 200 lts/H <sub>2</sub> O | Formula 2 en 4 aplic.     | \$Prod. Com. En 200 lts/H <sub>2</sub> O | Formula 3 en 7 aplic.      | Nut. Total en 16 aplic.                 |
|----------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------|----------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------------|---------------------------|------------------------------------------|----------------------------|-----------------------------------------|
| 50 Kg. Urea 46%                        | 23.0 Kg. N                             | 95                            | 46.0 gr. N                             | 230.0 gr N                           | 95.0                                     | 184.0 gr N                | 95.0                                     | 322.0 gr N                 | 736 grN                                 |
| 50 Kg. KCl 60%                         | 30.0Kg. K <sub>2</sub> O               | 122.85                        | 60.0 gr. K <sub>2</sub> O              | 300gr K <sub>2</sub> O               | 122.85                                   | 240.0 gr K <sub>2</sub> O | 122.85                                   | 420.0 gr. K <sub>2</sub> O | 960.0 gr K <sub>2</sub> O               |
| 10 Lts. H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> | 15.3 Kg. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | 144                           | 30.4 gr. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | 152 gr P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | 0                                        | 0                         | 0                                        | 0                          | 152.0 gr. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> |
| 5 Kg. SO <sub>4</sub> 35.5 %           | 1.77 Kg. Zn                            | 39.5                          | 3.52 gr. Zn                            | 17.6 gr Zn                           | 0                                        | 0                         | 0                                        | 0                          | 17.6gr. Zn                              |
| 10Kg. MgSO <sub>4</sub> 9.7%           | 0.970 Kg. Mg                           | 35                            | 1.92 gr. Mg                            | 9.6 gr Mg                            | 0                                        | 0                         | 0                                        | 0                          | 9.6 gr. Mg                              |
| 1kg. MnSO <sub>4</sub> 31.5%           | 0.315 Kg. Mn                           | 7.9                           | 0.64 gr. Mn                            | 3.2 gr Mn                            | 0                                        | 0                         | 0                                        | 0                          | 3.2 gr. Mn                              |
| 5Kg. CuSO <sub>4</sub> 24%             | 1.2 Kg. Cu                             | 55.5                          | 2.40 gr. Cu                            | 12.0 gr Cu                           | 0                                        | 0                         | 0                                        | 0                          | 12.0gr. Cu                              |
| 0.25 Kg. Borax 20%                     | 0.05 Kg. Borax                         | 17                            | 0.11 gr. Bo                            | 0.55 gr Bo                           | 0                                        | 0                         | 0                                        | 0                          | 0.50gr. Bo                              |
| 0.10 Kg Mo Na 31%                      | 0.03 Kg. Mo.                           | 30.32                         | 0.06 gr. Mo                            | 0.3 gr Mo                            | 0                                        | 0                         | 0                                        | 0                          | 0.3 gr. Mo                              |
| 15Kg. Cal 22%                          | 3.3 Kg. Cal                            | 12.18                         |                                        |                                      | 0                                        | 26.24                     | 12.18                                    | 0                          | 26.24                                   |
|                                        | Total                                  | 547.07                        |                                        | Total                                | 230.03                                   | Total                     | 217.85                                   |                            |                                         |

Fórmula 1: 500 plantas/200 Lts. Costo 1.09/planta/aplicación x 5 aplicaciones = \$ 5.45 x 2000 plantas/Ha. = \$ 10900/Ha.

Fórmula 2: 500 plantas/200 Lts. Costo 0.46/planta/aplicación x 4 aplicaciones = \$ 1.84 x 2000 plantas/Ha. = \$ 3680/Ha.

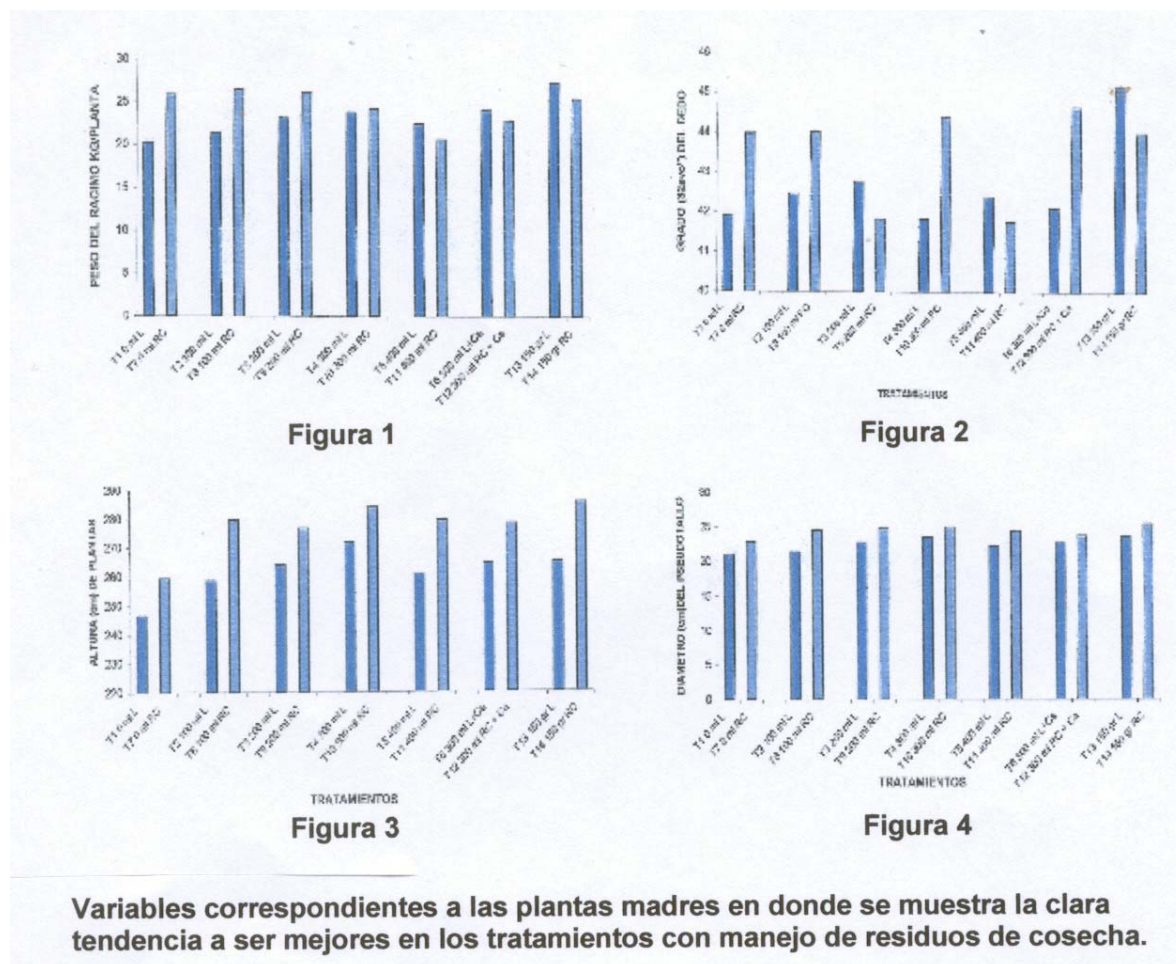
Fórmula 3: 500 plantas/200 Lts. Costo 0.44/planta/aplicación x 7 aplicaciones = \$ 3.08 x 2000 plantas/Ha. = \$ 6160/Ha.  
Total: \$ 20,740



Cuadro 6. Composición y costos de las fórmulas fertilizantes sólidas aplicadas en dosis de 150 gr. por planta.

| Producto Comercial | Grs. Aplicados por planta | Grs. de Elem. Puro planta | Total de Grs./planta de Prod. Com. en 16 aplicaciones | Total de Kg./Planta de Elm. Puro en 16 aplicaciones | Costo total por 16 aplic/planta |
|--------------------|---------------------------|---------------------------|-------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|---------------------------------|
| Urea 46%           | 60                        | 276                       | 960                                                   | 441.6                                               | 1.82                            |
| KCl 60%            | 70                        | 42.0                      | 1120                                                  | 672.0                                               | 2.75                            |
| 11-52-00           | 20                        | 10.4                      | 320                                                   | 166.4                                               | 0.88                            |
| Total              | 150                       | 80.0                      | 2400                                                  | 1280                                                | 5.45                            |

Fórmula fertilizante sólida= \$ 5.45/planta x 2000 plantas = 10.900





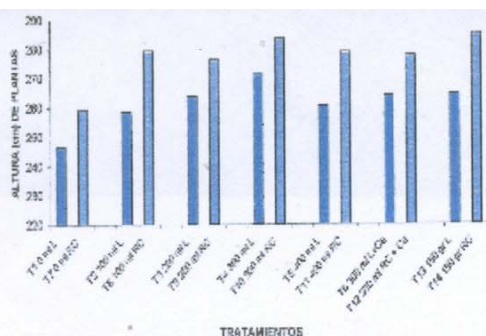


Figura 5

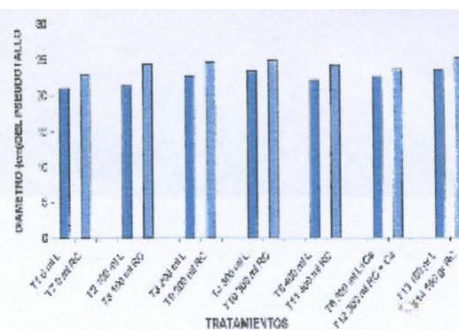


Figura 6

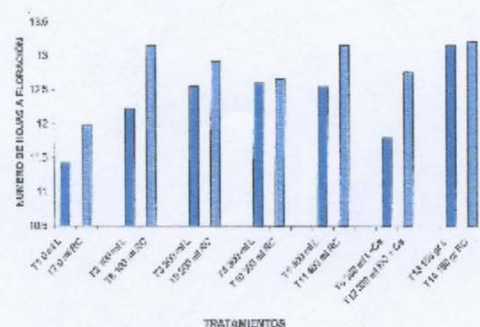


Figura 7

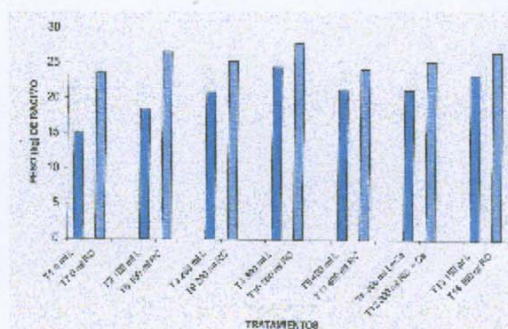


Figura 8

Variables correspondientes a las plantas hijo que resultaron significativamente superiores en donde se manejaron los residuos de cosecha

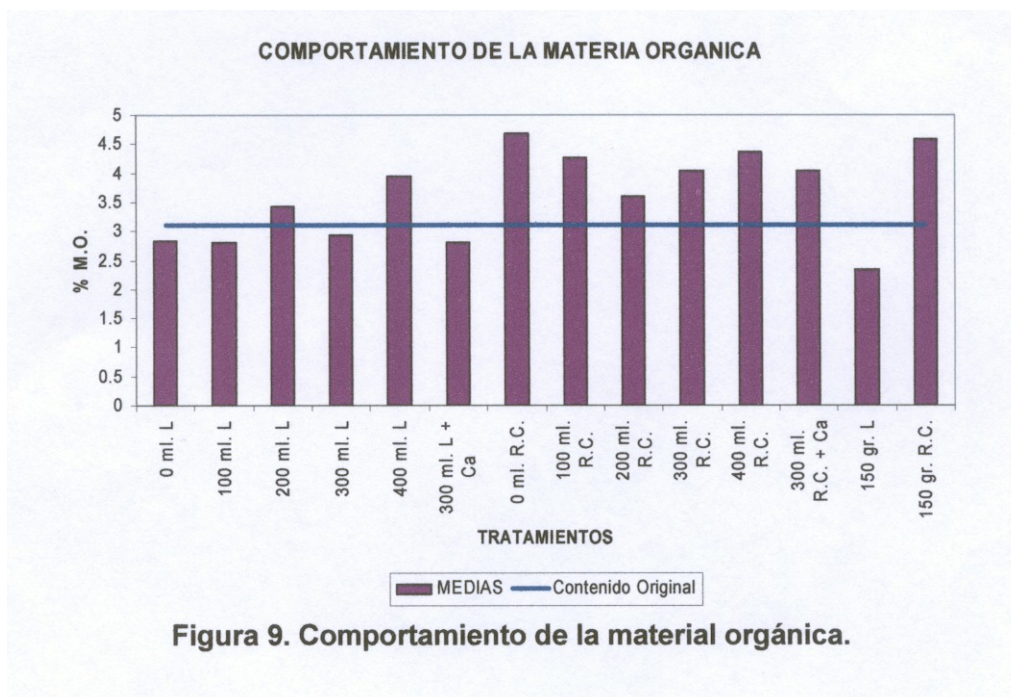


Figura 9. Comportamiento de la material orgánica.

## OPTIMIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN Y CALIDAD EN BANANO MEDIANTE EL BALANCE NUTRICIONAL CON MICRONUTRIENTES (B-Zn)

### OPTIMIZING BANANA PRODUCTION AND QUALITY THROUGH MICRONUTRIENTS (B-Zn)-BASED BALANCED NUTRITION

Manuel Iván Gómez Sánchez<sup>1</sup> & Oscar Ortiz Ortega<sup>2</sup>

#### RESUMEN

La ausencia de B y Zn en planes de fertilidad limita el balance nutricional del cultivo de banano porque dichos elementos regulan la expresión del potencial productivo del cultivo y la calidad de cosecha; la investigación realizada en la Zona Bananera del Magdalena (Col) mostró respuestas edáfica y foliar positivas ante la fertilización específica con los micronutrientes B – Zn, tanto en plantilla (Williams) como en plantación establecida (Gran Enano), expresadas por incrementos en la producción superiores al 20% ( $P<0,05$ ) y mejoras del componente calidad, pues al reducirse las deformaciones en la fruta se optimiza la rentabilidad del cultivo.

Palabras Clave: Banano, fertilidad, elementos menores, interacción.

#### SUMMARY

The nutritional balance of banana crops becomes limited if fertility plans lack elements B and zinc, as this is directly related to the expression of the crop's production potential and the quality of its harvest. Research carried out in the banana-growing area of the Magdalena Valley (Colombia) has shown a B-Zn edaphic and foliar response in both young plantation (Williams) and established plantations (Gran Enano), due to increased production of more than 20% and a notable improvement in quality. This effect reduces fruit deformation thereby optimising the crop's profitability.

Keywords: Banana, soil fertility, minor elements, interaction

#### INTRODUCCIÓN

En Colombia el banano es un cultivo especializado que cubre un área aproximada de 60.000 ha; el 90% de la producción se dirige a mercados internacionales y representa el 5 % del total de las exportaciones nacionales (Arias, *et al.*, 2004). Por lo tanto, el producto final debe cumplir con los estándares de rendimiento y calidad de aquellos países con los que se comercializa. Las exigencias tecnológicas que demanda este cultivo de alto rendimiento han motivado al diseño de estrategias enfocadas en la relación suelo-planta-ambiente y en el balance nutricional para optimizar la productividad y la calidad, y bajar los costos de producción. En este contexto la fertilización con microelementos constituye un factor fundamental para cumplir con dichos objetivos. La respuesta ante la fertilización con los elementos menores B y Zn en los suelos de las zonas bananeras de Colombia es alta, si se consideran varios factores que limitan considerablemente su disponibilidad como el bajo contenido nativo; la reacción ligeramente ácida a básica del suelo; la alta saturación de cationes básicos; las prácticas inadecuadas de enclavamiento; su demanda creciente por el cultivo y el desbalance nutricional inducido por el uso excesivo de fertilizantes (NPK) (Yamada, 2004). La deficiencia de B y Zn se relaciona directamente con la baja calidad de frutos (Lahav y Turner, 1992, Fageria *et al.*, 2002). La investigación evaluó la respuesta agronómica edáfica y foliar en calidad, rendimiento y costos, ante la aplicación del balance nutricional con B y Zn como componentes fundamentales en planes integrales de fertilización tanto en plantillas como en plantación establecida.

<sup>1</sup> I.A. MSc. Suelos y Aguas. Dirección de Investigación y Desarrollo. MICROFERTISA S.A. Calle 10 No 90A-54. Tel. (57 (1) 4244990. Bogotá, D.C -Colombia. migomez@microfertisa.com.co

<sup>2</sup> I.A. Asistente de Investigación. MICROFERTISA S.A. Calle 10 No 90A-54. Tel. (57 (1) 4244990. Bogotá, D.C - Colombia. oortiz@microfertisa.com.co

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó entre los años 2004 y 2005 en la Zona Bananera del Magdalena, ubicada geográficamente entre  $10^{\circ} 22'$  y  $11^{\circ} 01'$  de latitud norte y entre  $74^{\circ} 07'$  y  $74^{\circ} 24'$  de longitud oeste bajo un clima cálido seco en un suelo *Fluventic Haplustepts* con deficientes contenidos nativos de Boro (B) ( $< 0,1 \text{ mg.kg}^{-1}$ ) y bajos niveles de Zn ( $< 2 \text{ mg.kg}^{-1}$ ). La respuesta del balance nutricional de Zn y B se evaluó en plantilla (sitio 1) y en plantaciones establecida (sitio 2) usando los clones Williams y Gran Enano (subgrupo Cavendish) respectivamente, bajo condiciones de riego por microaspersión y una población de 1.650 plantas/ha. En cada sitio se evaluaron cuatro tratamientos con 30 plantas y cinco réplicas en un diseño de bloques completamente al azar. Se realizó análisis de varianza aplicando la prueba de Tukey ( $p < 0,05$ ). La recomendación de fertilización edáfica con N-P-K y B-Zn se hizo con base en los análisis de suelos y foliar; la dosificación de B y Zn foliar se hizo atendiendo la extracción/ciclo que exige dicho cultivo (Bertsch, 2003), fraccionado en seis aplicaciones dirigidas (Tabla 1).

Se determinaron variables de calidad (merma por dedos defectuosos y longitud), perfil de racimo, ratio, rendimiento (peso neto), concentración en el tejido foliar y se realizó el análisis de la relación Beneficio-Costo (B/C).

Tabla 1. Tratamientos para evaluar la respuesta nutricional de B y Zn en banano (*Musa sp. AAA*).

| No | TRATAMIENTOS                   | DOSIS kg/ha/año                                                                                                                                    |
|----|--------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| T0 | NPK                            | Plantilla: 193 N, 33 $\text{P}_2\text{O}_5$ , 248 $\text{K}_2\text{O}$<br>Establecida: 382 N, 33 $\text{P}_2\text{O}_5$ , 812 $\text{K}_2\text{O}$ |
| T1 | NPK + (B, Zn edáfico)          | T0 + 8 Zn, 2 B                                                                                                                                     |
| T2 | NPK + (B, Zn foliar)           | T0 + 0,2 B + 0,35 Zn                                                                                                                               |
| T3 | NPK + (B, Zn edáfico y foliar) | T0+ T1 +T2                                                                                                                                         |

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

El B y Zn son factores fundamentales para optimizar la producción del cultivo de banano y hacer más eficiente las aplicaciones de NPK. Ello fue evidente porque la interacción de estos micronutrientes aplicados foliar y edáficamente (T2, T3) presentó un incremento estadístico significativo ( $P < 0,05$ ) en el rendimiento neto (entre 20 al 25%), respecto al tratamiento control NPK. Las respuestas agronómicas en rendimiento fueron validadas en plantilla y en plantación establecida para los dos clones (Figura 1), los cuales están estrechamente relacionados con ratios entre 1,2 y 1,3 (Factor de conversión racimos cajas) (Tabla 2).

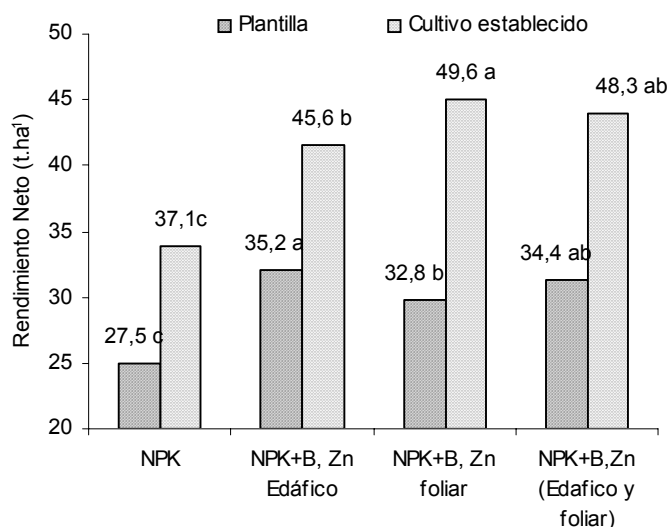


Figura 1. Rendimientos frente al balance nutricional con B y Zn en el cultivo de banano (*Musa sp. AAA*).

Además, se comprobó que el B y Zn están directamente relacionados con el normal funcionamiento de los procesos de división celular y expresión de estructuras en el banano, por cuanto se presentaron incrementos entre 10 y 30 dedos/racimo, respecto del testigo control NPK (Tabla 2) con diferencias significativas. La interacción positiva de estos nutrientes demostrada en estos tratamientos, muestra así mismo un beneficio económico pues mejora considerablemente la calidad de cosecha y disminuye las pérdidas de fruta defectuosa con niveles menores a 10 % hasta el 5% de merma, factores que inciden directamente en un mayor retorno económico si se consideran los valores positivos de la relación B/C (T1 y T2) (Tabla 2). La aplicación completa edáfica y foliar de estos nutrimentos (T3) reduce la relación beneficio-costos (B/C), lo cual se explica porque existe un rendimiento marginal por efecto de un consumo de lujo debido a la aplicación conjunta edáfica y foliar de B y Zn.

Tabla 2. Evaluación de los parámetros de calidad, rendimiento y relación beneficio-costos (B/C) como respuesta al balance nutricional con B y Zn en el cultivo de banano (*Musa sp.* AAA).

| No | % perdida fruta defectuosa |      | Numero de dedos por racimo |     | Ratio |      | Relación Beneficio – Costo (B/C) |       |
|----|----------------------------|------|----------------------------|-----|-------|------|----------------------------------|-------|
|    | P                          | E    | P                          | E   | P     | E    | P                                | E     |
| T0 | 13,07                      | 14,9 | 100                        | 110 | 1,0   | 1,04 | -                                | -     |
| T1 | 6,19                       | 9,5  | 112                        | 132 | 1,19  | 1,23 | 26,4                             | 26,29 |
| T2 | 9,53                       | 8,62 | 104                        | 143 | 1,15  | 1,36 | 12,9                             | 48,91 |
| T3 | 4,44                       | 6,7  | 114                        | 123 | 1,15  | 1,21 | 8,24                             | 17,84 |

P: Plantilla (Williams), E: Cultivo establecido (Gran Enano).

## CONCLUSIONES

1. Existe una relación directa entre el desbalance nutricional con micronutrientes B-Zn y la pérdida de fruta en postcosecha principalmente por dedos deformes y curvos, lo cual indica el efecto que estos elementos tienen en la calidad de cosecha.
2. Las respuestas positivas significativas de estos micronutrientes se evidenciaron en otras variables evaluadas como el diámetro del pseudotallo y la altura del hijo, parámetros que pueden asegurar un adecuado desarrollo y producción de la siguiente generación.
3. La fertilización con microelementos B-Zn en torno a un balance nutricional integral completo, es una alternativa importante para optimizar la productividad del cultivo de banano y aprovechar el potencial genético en cultivares Williams y Gran Enano.

## BIBLIOGRAFIA

1. Arias, P. 2004. Economía mundial del banano 1985 2002, FAO, Roma. 2004.
2. Bertsh, Floria. 2003. Absorción de nutrimentos por los Cultivos. ACCS. Costa Rica. 307 p.
3. Lahav, E y Turner, D. 1992. Fertilización del banano para rendimientos altos. INPOFOS. Boletín 7. Ecuador. 71 p.
4. Fageria, N., Baligar, V., Clark, R. 2002, Microelements in agriculture. Elsevier Science, USA; P 185 – 268.
5. Yamada, T. 2004. Deficiencia de micronutrientes ocurrencia, detección y corrección: "El éxito de la experiencia brasilera. Informaciones Agronómicas. INPOFOS. No 24. Archivo agronómico 9. 26 p.

**FITOSSANIDADE  
PLANT PROTECTION  
FITOSANIDAD**



## OCURRENCIA DE LA MARCHITEZ POR *Fusarium* EN BANANOS EN VENEZUELA

### OCCURRENCE OF *Fusarium* WILT OF BANANA IN VENEZUELA

Dorian Rodríguez<sup>1</sup>; Gustavo Martínez<sup>2</sup>; Nelly Sanabria<sup>3</sup> & Belkis Camacho<sup>4</sup>

#### RESUMEN

Se dio inicio a un estudio para determinar la distribución de la marchitez por *Fusarium* en el cultivo de banano en Venezuela. Durante los años 2004 y 2005 se visitaron nueve estados y se muestrearon plantas con síntomas típicos de la enfermedad. Las muestras se analizaron y los aislados se sometieron a pruebas de patogenicidad en cuatro cultivares diferenciales. Los resultados indicaron la presencia de la enfermedad en todos los estados muestreados, con mayor incidencia en algunos de ellos y las razas encontradas fueron la 1 y la 2. La raza 1 se encontró con mayor frecuencia en los estados Zulia y Trujillo, mientras que la raza 2 se localizó mayormente en los estados Aragua y Barinas, en cultivares de topocho (Musa ABB).

#### SUMMARY

A study was initiated to determine the distribution of *Fusarium* wilt of banana in Venezuela. Nine states were surveyed during the years 2004 and 2005. Symptoms were observed, samples analyzed, and pathogenecity tests performed on four differentials. Disease was found in all the states included and races present were 1 and 2. Race 1 was most commonly found in the states of Zulia and Trujillo, while race 2 was present mainly in the states of Aragua and Barinas in topocho cultivars (Musa ABB).

Keywords: plant pathology, fungus, disease

#### INTRODUCCIÓN

Los bananos constituyen el principal cultivo frutícola de Venezuela, contribuyendo conjuntamente con el plátano, con el 44% del volumen total de frutas producidas en el país (FOASTAT, 2006). Sin embargo, su producción, especialmente la de cambur manzano (Silk) (Musa AAB), está limitada en gran parte por los problemas fitosanitarios, siendo la marchitez por *Fusarium* o "Mal de Panamá" la amenaza mayor, porque es capaz de disminuir drásticamente la producción (Stover, 1990). En el país, se conocía de la existencia del mal de Panamá a partir de reportes aislados (Rondón, 1990, Uriaga, 1986), pero es en el año 2000 cuando se documenta la magnitud del problema, al menos en la zona sur-oeste (Rodríguez, 2000), donde cerca del 80% de las 1.600 ha dedicadas al cultivo de manzano para exportación estaba siendo afectada.

Dada la importancia de la explotación comercial del cambur, tanto Manzano (Musa AAB) como Grand Naine (Musa AAA), con fines de exportación en la zona baja del estado Trujillo y la potencialidad de producción de otras zonas de Venezuela, se dio inicio a la revisión de la presencia de dicho patógeno en otras áreas del país, con el objeto de obtener información para futuros planes de desarrollo del cultivo. En este trabajo se presentan los resultados preliminares de las áreas estudiadas.

#### MATERIALES Y MÉTODOS

Se recorrieron las áreas bananeras de los estados Yaracuy, Aragua, Sucre, Monagas, Trujillo, Barinas, Portuguesa, Táchira y Zulia (Figura 1). Las plantas con síntomas característicos de los ocasionados por *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*, fueron muestreadas mediante el método de punción del pseudotallo con un sacabocados de 5 mm de diámetro. La porción vegetal extraída se colocó en un tubo de ensayo con agua destilada estéril y se incubó a temperatura ambiente (25-30°C) hasta su procesamiento. Una alícuota de 0,5 mL de la suspensión de conidios se esparció sobre agar agua y 24 – 48 después se aislaron colonias individuales del hongo en papa dextrosa agar. Los aislados del hongo fueron identificados y propagados para su utilización en las pruebas de

<sup>1</sup> Profesor Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado, Postgrado de Fitopatología. Apartado de Correos 400, Barquisimeto, estado Lara, Venezuela. [rdorian@ucla.edu.ve](mailto:rdorian@ucla.edu.ve).

<sup>2</sup> Investigador Instituto de investigaciones Agrícolas (INIA), Maracay, estado Aragua.

<sup>3</sup> Profesora Universidad Central de Venezuela, Facultad de Agronomía, Maracay.

<sup>4</sup> Investigadora INIA, Trujillo, Venezuela.

patogenicidad, para lo cual se obtuvieron plantas por el método de división de cormo de los cultivares Manzano, Grand Naine, topocho (tipo bluggoe, Musa ABB) y *Heliconia* sp. las cuales se inocularon cuando tenían 2 meses de edad, con lo cual se determinó, simultáneamente, la raza del hongo.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El hongo se encontró en muestras colectadas de todos los estados estudiados (Cuadro 1), principalmente de plantas de cambur Manzano, Cuyaco (Gros Michel) y Topocho Criollo. La más alta incidencia del patógeno se observó al norte del estado Trujillo y al sureste del estado Zulia, donde se encuentra el mayor número de fincas dedicadas a la explotación de cambur manzano y donde el establecimiento de éstas se hace con “semilla” (cormos) obtenidos localmente, normalmente de fincas infestadas con la enfermedad. De esta zona se estudiaron 54 aislados provenientes y se determinó que pertenecen a un solo Grupo de Compatibilidad Vegetativa por lo que se concluyó que corresponden a una misma población fenotípica (Guédez y Rodríguez, 2004), lo que indica que la enfermedad se ha diseminado a partir de la misma fuente de inóculo primario.

En los otros estados del país, el manzano se encuentra sembrado en asociación con plátano y/o topocho, muchas veces solo en la orilla del terreno o en el patio de las casas. Las pruebas de patogenicidad indicaron un 79% de compatibilidad con el cambur Manzano y el resto con topocho, por lo que los primeros son considerados pertenecientes a la raza 1 y los segundos a la raza 2. Esta última raza se encontró localizada, principalmente, en los estados Aragua y Barinas donde es mayor la frecuencia de siembra y consumo de topocho. Hasta el momento no se ha encontrado el patógeno en cultivares Grand Naine, lo que hace suponer la ausencia de la raza 4.

Se observó una alta incidencia de pudrición húmeda por bacterias, principalmente *Erwinia*, con una frecuencia aún mayor que los daños por *Fusarium*. En algunos casos se encontró a ambos patógenos asociados en la misma planta, ocasionando una combinación de síntomas de las enfermedades. Otras especies de *Fusarium* fueron igualmente aisladas de plantas enfermas cuyas pruebas de patogenicidad fueron negativas, lo que sugiere que pertenecen a poblaciones endógenas con consecuencias para las plantas desconocidas.

## CONCLUSIONES

Los resultados indicaron que la marchitez causada por *F. oxysporum* f. sp. *cubense* se encuentra presente en varios estados del país y que al menos dos razas (1 y 2) se encuentran atacando plantas de cambur manzano, cuyaco y topocho. No se encontró evidencia de la raza 4 en las zonas estudiadas.

## REFERENCIAS

1. FAO. 2006. <http://www.fao/faostat.fao.org/faostat.24/05/2006>.
2. Guédez, C. y Rodríguez, D. 2004. Compatibilidad vegetativa y raza patogénica de *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* del estado Trujillo, Venezuela. Fitopatol. Venez. 17:30-32.
3. Rodríguez, D. 2000. Ocurrencia de *Fusarium oxysporum* en plantaciones de cambur manzano en el estado Trujillo, Venezuela. Fitopatol. Venez. 13:22-24.
4. Rondon, A. 1986. Enfermedades de los Frutales en Venezuela. Instituto de Investig. Agrícolas. CENIAP. (Serie B N° 9). Maracay, Venezuela. 96 pp.
5. Urtiaga, R. 1986. Índice de Enfermedades en Plantas de Venezuela y Cuba. Impresos Nuevo Siglo, Barquisimeto. 202 pp.

Cuadro 1.- Aislados de *Fusarium oxysprum* f. sp. *cubense* (FOC) obtenidos de plantas con marchitez en Venezuela, durante los años 2004-2005.

| Estado         | Número de aislados FOC | Otros <i>Fusarium</i> spp. | Raza 1    | Raza 2    |
|----------------|------------------------|----------------------------|-----------|-----------|
| Aragua (A)     | 10                     |                            | 3         | 7         |
| Barinas (B)    | 15                     | 3                          | 7         | 8         |
| Mérida (Me)    | -                      | 1                          |           |           |
| Monagas(M)     | 3                      |                            | 3         |           |
| Portuguesa (P) | 1                      |                            |           | 1         |
| Sucre (S)      | 2                      |                            | 2         |           |
| Táchira (Ta)   | 2                      | 3                          |           | 2         |
| Trujillo (Tr)  | 32                     |                            | 32        |           |
| Yaracuy (Y)    | 10                     |                            | 8         | 2         |
| Zulia (Z)      | 22                     | 1                          | 22        |           |
| <b>Total</b>   | <b>97</b>              | <b>8</b>                   | <b>77</b> | <b>20</b> |



Figura 1.- Estados de Venezuela muestreados por Marchitez por *Fusarium*. A: Aragua, B: Barinas, Me: Mérida, M: Monagas, S: Sucre, Ta: Táchira, Tr: Trujillo, Y: Yaracuy, Z: Zulia.

## CICLO DE VIDA DE *Mycosphaerella fijiensis* EN URABA, COLOMBIA

### LIFE CYCLE OF *Mycosphaerella fijiensis* ON URABA, COLOMBIA

Lilliana Hoyos-Carvajal<sup>1</sup>; Eduardo Salazar<sup>2</sup> & John Jairo Mira<sup>3</sup>.

#### RESUMEN

Con el fin de determinar el ciclo de vida de *M. fijiensis* en tres zonas de incidencia diferencial de la enfermedad Sigatoka Negra en la región productora de banano de Urabá, Colombia, se midieron los estados de la enfermedad basados en la escala de Fouré (1982), mediante la metodología de plantas trampa, las cuales consisten en plántulas de banano, variedad Gran Enano con hojas verdaderas. En tales plantas se realizó seguimiento principalmente periodo de incubación y periodo de latencia de estado anamorfo y telomorfo. La zona norte, que usualmente presenta una menor incidencia de la enfermedad presentó el ciclo de vida mas extendido, 49 o 69 días para producción de ascosporas, en periodo de lluvias o seco respectivamente. En contraste, la zona sur presenta la incidencia mas alta de la enfermedad, en la cual para la producción de ascosporas tarda de 39 a 49 días, dependiendo de época de lluvias o verano. La zona centro se constituye en un sitio o posición de transición de parámetros climáticos, entre otros vientos y precipitación, lo cual influencia fuertemente la incidencia de la enfermedad según la época del año. Mediante este trabajo se explica por qué las medidas de control deben ser más estrictas en la zona sur, y la diferencias en ciclos de aplicación en las tres zonas en la región productora de banano en Urabá.

Palabras Clave: Ciclo de vida, Sigatoka negra, banano.

#### SUMMARY

In order to determinate the life cycle of *M. fijiensis* in three different zones with differential incidence of the disease Black Sigatoka in the region of Urabá Colombia, were assessed stages of disease based on the scale of Fouré (1982), through the methodology of plant trap, consisting in plantlets of bananas variety Gran Naine with true leaves. In such plants was assessed mainly incubation and latent period of anamorphic and teleomorphic stages. North zone usually has less incidence of disease have an extended life cycle, 49 or 69 days for ascospore production in rainy and dry period respectively. In contrast, South zone shown the highest incidence of disease, in which ascospore production occur between 39 to 49 days, depending of rain or dry time. Centre zone constituted a place or transition position of weather parameters. Among others, wind and rain, which influences strongly the incidence of disease depending of year station. By means of this research can be explained the needed of strict control method in south zone, and the differences on aspersion cycles on these three zones in Urabá.

Keywords: life cycle, black sigatoka, banana

#### INTRODUCCION

En Colombia, actualmente existen alrededor de 42,000 hectáreas de banano, las cuales se destinan básicamente para exportación, convirtiéndose de esa forma en el cuarto productor de banano en el mundo En el 2004 el banano de exportación ocupó el 1.1% (43.595 has.) del total del área agrícola sembrada en el país y alcanzó el 5.6% (1.399.623 tons.) de la producción agrícola total, representando el 4.7% del valor total de la producción agropecuaria (incluido café). Para el 2003, se calcula que esta industria requirió de 34.960 personas, lo que significó el 1.9% de los empleos generados por el total de cultivos en Colombia (AUGURA, 2004).

Colombia cuenta con dos grandes zonas productoras, la región de Urabá en el departamento de Antioquia y la zona bananera del departamento del Magdalena, ambas sobre el costado Caribe del país. La región de Urabá, ubicada en el noroccidente del país cuenta con las tres cuartas partes del área cultivada, y en la cual el control de la sigatoka se realiza en tres áreas de incidencia diferencial, llamadas zona norte, circunscrita franjas productoras en lo municipios de Turbo y Apartadó, la zona centro que cubre parte del municipio de Apartadó y Carepa, y la zona sur, que comprende cultivos en

<sup>1</sup> Docente Universidad del Magdalena, Colombia. lmhc\_9@yahoo.com.ar

<sup>2</sup> Auxiliar de Investigación, AUGURA-Cenibanano, Colombia.

<sup>3</sup> Director Cenibanano, Colombia. jmira@augura.com.co

el municipio de Chigorodó y parte de Carepa. Se conoce por los requerimientos de control de ciclos de aspersión de fungicidas para el control de sigatoka negra, que estas zonas son de diferente incidencia de la enfermedad, siendo mas agresiva al sur y menos hacia en norte, pero desde el punto de vista epidemiológico no existe, hasta ahora, un reporte que aclare el estatus epidemiológico de la región en general, y que verifique la real existencia de zonas diferenciales de incidencia allí. En estudios llevados a cabo en Urabá (Mayorga, 1991), se estableció una ecuación para pronóstico de epidemias indicando que existen máximos de incidencia en los meses de lluviosos pero no hace alusión a su comportamiento por zonas.

Por lo anterior se hace necesario el estudio de las condiciones epidemiológicas actuales, partiendo del ciclo de vida del patógeno, cuantificando los periodos de incubación y latencia de las poblaciones actuales del hongo *M. fijiensis* en la zona de Urabá en regiones de baja media y alta incidencia.

## MATERIALES Y METODOS

Este estudio se realizó en las tres áreas de incidencia diferencial en la región de Urabá: zona de alta incidencia (municipios de Chigorodó y parte sur del municipio de Carepa), de incidencia media (municipio de Apartadó y parte norte de Carepa) y de incidencia moderada (área productora de banano del municipio de Turbo y parte de Apartadó).

La enfermedad se monitoreó en dos épocas, seca (semana 8-20) durante el primer semestre y de lluvias (semana 34 a 44) en el segundo semestre del 2005. De acuerdo a las metodologías descritas por Mobambo *et al.*, 1994, se sembraron en bolsas de polietileno 45 plantas de los llamados hijos orejones de variedad Gran Enano (altamente susceptible a sigatoka), cuando alcanzaron un mes de edad, se llevaron a cada zona de incidencia y se ubicaron dentro de lotes de Gran Enano, para garantizar una buena cantidad de inóculo; a estas plantas se les proporcionó riego y fertilización similar, suministrando condiciones edáficas similares, para obviar en el experimento la interferencia que posiblemente pueda ser causada por deficiencias o diferencias nutricionales de las plantas en las tres zonas y se tubo especial cuidado en evitar la aspersión con productos químicos para que estos no distorsionaran el ciclo de vida a medir. Una vez las hojas de las plantas se hallaban en estado B (0,2) de la escala de Brun, (1963), (citado por Carlier *et al.*, 2002) se realizó el seguimiento de cada uno de los estadíos de la enfermedad (Fouré, 1982) a cada una de las hojas. Los monitoreos se realizaron de forma diaria, hasta la emisión de 5 hojas/planta.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En tabla 1 se presenta la duración en días de los estados críticos de la enfermedad, haciendo especial énfasis en los periodos de incubación y latencia de la enfermedad, que de acuerdo a un estudio de histología desarrollado en Cenibanano, (Hoyos-Carvajal *et al.*, 2006) se determinó que el periodo de incubación es el estadío 1 (Fouré, 1982), el cual es entendido como el tiempo comprendido desde la llegada del inóculo hasta la manifestación de primeros síntomas. El periodo de latencia para inóculo asexual, el cual es el tiempo comprendido desde la llegada del inóculo hasta la manifestación de estructuras de tipo asexual, es decir la producción de conidias, se da en el estadío 2 y por último el periodo de latencia para inóculo sexual, es decir, tiempo desde la llegada del inóculo hasta la generación de ascosporas, ocurre en el estadío 5.

**Tabla 1.** Duración en días del periodo de incubación (E1) y latencia (E2, E5) de sigatoka negra en la zona de Urabá.

| Zona   | Sem. | Dias            |           |                 |           |                 |           |
|--------|------|-----------------|-----------|-----------------|-----------|-----------------|-----------|
|        |      | E1 <sup>1</sup> | Desv. Est | E2 <sup>1</sup> | Desv. Est | E5 <sup>1</sup> | Desv. Est |
| Norte  | 1    | 34,4            | 5,0       | 39,0            | 5,4       | 69,1            | 4,1       |
|        | 2    | 14,6            | 1,9       | 21,2            | 2,2       | 49,3            | 4,0       |
| Centro | 1    | 30,5            | 11,8      | 37,2            | 11,6      | 72,1            | 13,2      |
|        | 2    | 13,1            | 2,4       | 16,4            | 3,1       | 35,5            | 3,4       |
| Sur    | 1    | 23,5            | 5,5       | 26,7            | 6,4       | 49,4            | 13,0      |
|        | 2    | 12,3            | 2,3       | 17,0            | 2,9       | 39,2            | 4,3       |

<sup>1</sup> E1: estadío 1, E2: estadío 2, E5: estadío 5 (Fouré, 1982).

<sup>2</sup> Desv. Est.: desviación estándar



Como es posible detonar en términos generales, para que el hongo cumpla su ciclo total en la zona, este puede tomar de 40 a 70 días, pero que su duración efectivamente si es diferencial de acuerdo a las zonas, lo cual es determinado principalmente por condiciones climáticas como precipitación, dado que entre la zona sur y la zona norte existen hasta 1000 mm de precipitación anual de diferencia (3000 a 2000 mm respectivamente).

En la zona norte se presentan los periodos de vida mas extendidos de la enfermedad, tardando en manifestar los síntomas, pero también demorando la aparición de inóculo infectivo como conidias entre 20 a 40 días según la época lluviosa o seca, y las ascosporas aproximadamente entre 50 y 70 días, indicando que por condiciones climáticas y epidemiológicas la enfermedad se desarrolla más lento comparado con la zona sur, donde los periodos de aparición de síntomas o periodo de incubación puede tardar aproximadamente 12 días en época de lluvias y 23 días en época seca y la aparición de inóculo primario (conidias) sucede entre 17 a 27 días aproximadamente. Por otro lado, la aparición de ascosporas oscila entre 40 y 50 días, en resumen la generación de inóculo infectivo asexual y sexual se presenta en periodos mas cortos en esta zona, explicando en alguna medida la agresividad de la enfermedad en términos de velocidad de avance y por ende justificando la necesidad de realizar aplicaciones de fungicidas mas frecuentes que ocurre allí.

Con respecto a la zona centro, se puede concluir que es un sitio de incidencia intermedia o de transición, ya que durante el primer semestre, la enfermedad se asemeja a las tendencias de la zona norte, pero una vez se presenta el periodo de lluvias en el segundo semestre, la enfermedad es tan agresiva en su avance como en el sur. El comportamiento de la sigatoka negra en la zona centro indica también que el hongo tiene el potencial de ser agresivo y atacar de forma severa en cualquier zona. Si bien, el clima puede menguar sus efectos nocivos, la carencia de prácticas de manejo adecuadas pueden favorecer la enfermedad de forma tal, que plantaciones del norte tengan incidencias similares a las presentadas en la zona sur.

Es de resaltar que si bien ambos tipos de inóculo, conidias y ascosporas juegan un papel determinante en la dispersión de la enfermedad, la cual ocurre básicamente por el viento, tal como lo sugieren Rutter *et al.*, (1998) y Burt *et al.*, (1997 y 1998), la aparición temprana de conidias, y por ende su potencial infectivo constante sobre tejidos bien sea como reinfecciones o dispersión de la enfermedad a cortas distancias, llevan a replantear su rol en la severidad de la Sigatoka Negra, sugiriendo que este tipo de inóculo deba ser tomado en cuenta de forma mas detallada y cuidadosa en cuanto a medidas de control, máxime en zonas sur y centro dónde pueden aparecer, según las condiciones climáticas a los 17 días de iniciado el proceso de infección, validando prácticas como la poda temprana y en general eliminación de inóculo.

## BIBLIOGRAFIA

1. AUGURA. 2004. Coyuntura Bananera Colombiana, primer semestre 2004. Septiembre de 2004
2. Burt, P., Rutter, J., Gonzalez, H. 1997. Short-distance wind dispersal of the fungal pathogens causing Sigatoka disease in banana and plantain. *Plant pathology*. (46) 451-457.
3. Burt, P., Rutter, J., Ramirez, F. 1998. Airborne spore loads and mesoscale dispersal of the fungal pathogens causing Sigatoka disease in banana and plantain. *Aerobiologia*. (14) 209-210.
4. Carlier, J., Waele, D. & Escalat, J. Evaluación Global de las Resistencias de los Bananos al Marchitamiento por Fusarium, Enfermedades de las Manchas Foliares Causadas por Mycosphaerella y Nemátodos: Evaluación Extensiva. INIBAP. Paris. 2002. 64 p. (3)
5. Fouré E. 1982. *Fruits* 37:749-771.
6. Hoyos-Carvajal, L., Salazar, E., Arroyave, J., Olaya, C., Mira, J. 2006. Informe anual proyecto especial sigatoka negra. Augura, Colombia
7. Mayorga, M. 1991. Mimeografiado, 25 p.
8. Mobambo, K. N., Pasberg-Gauhl, C., Gauhl, F., Zuofa, K. 1994. Selección precoz de la resistencia a la enfermedad de la sigatoka negra bajo condiciones de inoculación natural. *Infomusa* 3(3):14-16.
9. Rutter, J., Burt, P., Ramirez, F. 1998. Movement of Mycosphaerella fijiensis spores and Sigatoka disease development on plantain close to an inoculum source. *Aerobiologia*. (14). 201-202.

## COMPORTAMENTO DA SIGATOKA NEGRA EM BANANAIS DO VALE DO RIBEIRA, SÃO PAULO, BRASIL

### BEHAVIOUR OF BLACK SIGATOKA IN BANANA PLANTATIONS OF THE RIBEIRA VALLEY, SÃO PAULO, BRAZIL

Wilson da Silva Moraes<sup>1</sup>; Eduardo Fukuda<sup>2</sup>; José Carlos de Mendonça<sup>3</sup>; Cristiane Mendes da Silva<sup>4</sup> & Silvia Helena Modonese-Gorla da Silva<sup>5</sup>.

#### RESUMO

A Sigatoka-negra foi recentemente registrada, em junho de 2004, ocorrendo bananais do Vale do Ribeira, São Paulo, e rapidamente foi disseminada para as demais regiões produtoras do Estado. O presente trabalho teve por objetivo avaliar o comportamento da Sigatoka-negra sob as condições climáticas do Vale do Ribeira, a partir do monitoramento semanal da severidade da doença em bananais tratados e não tratados com fungicidas. Os resultados mostraram que a doença foi mais severa no período chuvoso com temperaturas mais elevadas e menos severa no período menos chuvoso, entre os meses de junho a dezembro, quando a temperatura média mínima foi inferior a 18 °C e temperatura absoluta inferior a 15 °C. Análises de correlação e regressão múltiplas, utilizando-se Redes Neurais Artificiais, permitiram estimar a severidade da Sigatoka-negra com duas semanas de antecedência, sendo definida pelo modelo:  $EE = -1265 + 0,5886pp + 73,7879tmax + 52,8995tmin$ , com  $R^2 = 0,9$ . A severidade da Sigatoka-negra foi avaliada melhor pelo método de Estado da Evolução (EE) do que pela Soma Bruta (SB). No bananal não tratado com fungicida a doença foi sempre mais severa que em bananais tratados, uma vez que os fungicidas sistêmicos foram eficientes no controle da doença. No controle da Sigatoka-amarela, eram necessárias até seis aplicações de fungicidas/ano, enquanto que para o controle da Sigatoka-negra foram necessárias nove aplicações, levando ao aumento de 50 % no custo de proteção.

Palavras-Chave: *Mycosphaerella fijiensis*, *Musa*, doença, fungos, epidemiologia.

#### SUMMARY

Sigatoka-negra was identified recently, at June 2004, in the Ribeira Valley banana plantation, state São Paulo, and fastly was disseminated for other state producers regions. This work had been for objective to evaluate the behaviour of black Sigatoka under climatic conditions of the Ribeira Valley from of the weekly monitoring of the disease severity in banana plantation treated and no treated with fungicide. The results showed that disease was more severe in the rainy period with temperature highest and less severe in the rainy less period, between the months of June to December, when the minimum mean temperatures were below of 18 °C and minimum absolute temperature below of 15 °C. Multiple regression and correlations analysis using artificial neural networks permitted to estimate the disease severity two weeks previous, being determined by model:  $EE = -1265 + 0,5886pp + 73,7879tmax + 52,8995tmin$ , with  $R^2 = 0,9$ . The Sigatoka black severity was evaluated best by (ES) evolution state ( $r=0,82$ ) than (TS) total sum ( $r=-0,31$ ). In the banana plantation no treated with fungicide the disease severity was always highest than treated banana plantation, once that the systemic fungicides were efficient in the disease control. To yellow Sigatoka control were needed until six fungicides applications to the years, while that black Sigatoka were requisited nine applications, leading to increase of 50% in the protection cost.

Keywords: *Mycosphaerella fijiensis*, *Musa*, disease, fungi, epidemiology.

#### INTRODUÇÃO

Essa é a mais séria e destrutiva doença da bananeira em todas as áreas produtoras do mundo. A doença ocorre nas folhas provocando estrias marrons e manchas negras necróticas que reduzem os

<sup>1</sup>Pesquisador do Pólo Regional da APTA Vale do Ribeira – Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios – APTA: Rod. Régis Bittencourt, km 460, Parquera-Açu, SP, Caixa Postal 122;

<sup>2,4</sup>Acadêmicos do Curso de Agronomia - UNESP Registro;

<sup>3</sup>Engº. Agrº. Comtécnica Agropecuária e BANAER;

<sup>5</sup>Docente da Universidade Estadual Paulista – Campus Experimental de Registro/SP.

tecidos fotossintetizantes e, conseqüentemente, os rendimentos brutos.

O primeiro registro da doença no Brasil deu-se em 1998, quando foi introduzida pela fronteira com a Colômbia e o Peru, através dos municípios de Tabatinga e Benjamin Constant, Estado do Amazonas, e depois foi disseminada para os estados da região amazônica (8). Em 2004, a doença foi constatada na região do Vale do Ribeira, Estado de São Paulo e, atualmente, encontra-se disseminada em todas as regiões produtoras do Estado (2).

Esse registro provocou uma grande mobilização dos bananicultores, autoridades do setor produtivo e das instituições de pesquisa, diante do pânico que se instalou em torno do problema. A importância dessa atividade para a região pode ser constatada pelas estimativas do Instituto de Economia Agrícola que registraram, na safra 2003/2004, 3.924 produtores de banana, numa área aproximada de 41.924 hectares e 75 milhões plantas, o equivalente a 67% das áreas de cultivo de banana do Estado de São Paulo. Assim, a cultura representou 1,7% do PIB estadual e 80% da receita do Vale do Ribeira, gerando mais de 30 mil empregos diretos e 45 mil indiretos.

Em função da conhecida agressividade da Sigatoka-negra em países da América Central, onde substituiu a Sigatoka-amarela num período de quatro anos, houve um aumento de quatro vezes no número de pulverizações com fungicidas (7), enquanto que na Amazônia brasileira essa substituição ocorreu no período de seis meses (8).

No Vale do Ribeira, um ano após o registro da constatação da doença na região verificou-se que nos focos iniciais, onde as doenças coexistiam na mesma planta ou plantação, ocorreu substituição e domínio da Sigatoka-negra sobre a Sigatoka-amarela, tanto em bananais tratados como em não-tratados com fungicidas, os quais foram localizados nos municípios de Miracatu, Jacupiranga e Juquiá (6).

Esse registro serviu de alerta para que bananicultores e autoridades do setor produtivo implantassem medidas urgentes para reduzir o inoculo do fungo, sob pena de, num curto prazo, as aplicações mensais de fungicidas passem a ser semanais. Ratificando-se assim, a necessidade de se intensificar os trabalhos de erradicação dos bananais abandonados, substituição de variedades suscetíveis e o controle fitossanitário com base em alternância de fungicidas (6).

Ademais, dada a importância da bananicultura para o Vale do Ribeira, as condições climáticas predominantes na região parecem favorecer o desenvolvimento da doença, uma vez que se trata de uma região litorânea, onde há predominância de temperaturas e precipitações elevadas (1). Este trabalho teve por objetivo avaliar o comportamento da Sigatoka-negra em bananais do Vale do Ribeira, São Paulo, a partir do monitoramento semanal da severidade da doença em bananais tratados e não-tratados com fungicidas.

## MATERIAIS E METODOS

O monitoramento da severidade da doença foi realizado durante 52 semanas em um bananal tratado com fungicidas e em outro não-tratado, localizados no Bairro do Guaraú, município de Jacupiranga, SP, durante o período de fevereiro de 2005 a fevereiro de 2006. Esses bananais são considerados focos iniciais da doença, onde, atualmente, constatou-se a presença exclusiva da Sigatoka-negra em substituição a Sigatoka-amarela (6).

O monitoramento da severidade da Sigatoka-negra foi realizado pelo método de Estado da Evolução, desenvolvido pelo CIRAD em 1972, adaptado por Fouré em 1988 e modificado por Moraes et al. (2005) (5). Esse método considera o ritmo de emissão foliar semanal e os estádios de desenvolvimento dos sintomas nas folhas II, III e IV, em dez plantas selecionadas em até 50 ha. O método fornece ainda informações adicionais importantes sobre a Soma Bruta, que corresponde a uma alternativa para a avaliação da severidade da doença, a qual dispensa a emissão foliar. Outras informações que auxiliam na avaliação da severidade também são obtidas no método como, a primeira folha com estrias e manchas e o saldo de folhas funcionais. Um aplicativo computacional foi desenvolvido para realizar todos os cálculos necessários para determinar o estado da evolução semanal (EE) e a soma bruta (SB), sendo os resultados apresentados em gráficos, contendo a pontuação obtida (severidade) *versus* a data de leitura semanal (5).

Os dados climáticos referentes às temperaturas e precipitações, predominantes nos bananais durante o período estudado, foram obtidos na Estação Meteorológica de Jacupiranga - EDR/CATI (1). A severidade da doença corresponde à pontuação obtida pelo método de estado da evolução (EE) e pela soma bruta (SB).

O momento das aplicações de fungicida sistêmico e protetor foram definidos em função da segunda progressão semanal consecutiva da severidade da doença, tomando-se como referência os estudos realizados pelos pesquisadores da Costa Rica, México (7) e Cuba (9), os quais foram unânimes em

afirmar que a severidade da doença mostrou-se altamente correlacionada com a qualidade e quantidade das chuvas e temperaturas.

Os dados de severidade e climáticos foram analisados por meio de um estudo de Aprendizado de Máquina (AM) (3), utilizando-se Redes Neurais Artificiais com uma única camada, treinadas com o algoritmo mínimo quadrado médio (*LMS - Least mean square*) (4). Essa análise teve por objetivo avaliar o grau de correlação entre o modelo e as diferentes variáveis ou conjuntos de variáveis, sendo a melhor correlação submetida à análise de regressão múltipla pelo algoritmo supracitado.

As variáveis utilizadas foram severidade da doença, determinada pelo EE e SB, precipitação acumulada e temperaturas médias, médias mínimas e médias máximas durante uma e duas semanas antes da data de leitura. Para implementação do modelo, utilizou-se a ferramenta computacional de domínio público WEKA, que consiste em um conjunto de algoritmos de AM, disponível em <<http://www.cs.waikato.ac.nz/~ml/weka/>>.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados indicaram que houve predomínio de temperatura média mínima mensal abaixo de 20°C e temperatura média máxima mensal acima de 25°C em, praticamente, todo o período estudado (fevereiro de 2005 a fevereiro de 2006). Em 2005, as precipitações atingiram 2.058 mm, bem distribuídos, com maiores quantidades acumuladas a partir de janeiro até abril de 2005 e de dezembro de 2005 a março de 2006 (**Figura 1**).

Como visto, não existiu um período seco definido, apenas um período menos chuvoso. Assim, a severidade da doença no bananal não-tratado mostrou-se com oscilações, tanto no período chuvoso (dezembro a março) como no menos chuvoso (abril a novembro). A doença foi mais severa no período de precipitação e temperatura mais elevadas e menos severa a partir de junho até dezembro, quando predominou temperatura média mínima inferior a 18 °C e mínima absoluta inferior a 15 °C. (**Figuras 1 e 2**).

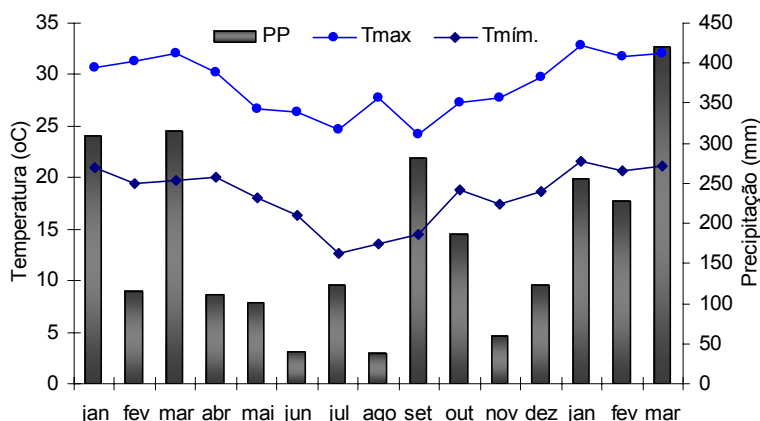


**Figura 1.** Precipitação mensal (mm) e temperatura média mensal mínima e máxima (°C), predominantes nos bananais estudados, no período de janeiro de 2005 a março de 2006, no município de Jacupiranga, São Paulo.

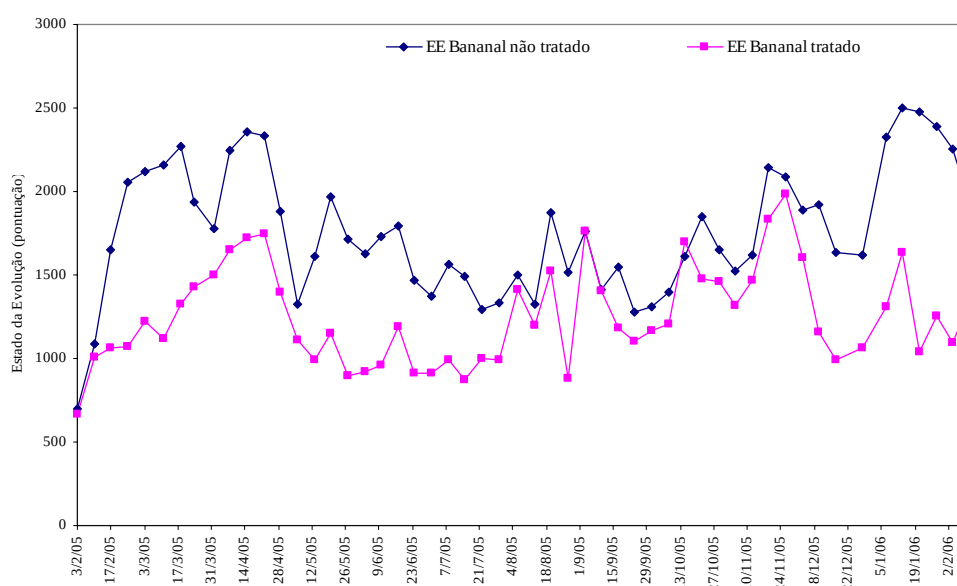


**Figura 2.** Estado da Evolução da severidade da Sigatoka-negra (EE) em bananais tratados e não-tratados com fungicidas, durante o período de fevereiro de 2005 a fevereiro de 2006, no município de Jacupiranga, São Paulo.

Os resultados indicaram na **Tabela 1**, que a severidade da doença definida pelo Estado da Evolução (EE) mostrou-se altamente correlacionada com os dados climáticos predominantes nos bananais uma semana ( $r=0,78$ ) e duas semanas ( $r=0,82$ ) antes da data de leitura. Esses resultados descartam a possibilidade da avaliação da severidade da doença utilizando-se apenas a pontuação obtida pela Soma Bruta, nem com antecedência de uma ( $r=0,11$ ) e nem com duas ( $-0,31$ ) semanas da data de leitura, ratificando, assim, a importância da emissão foliar na determinação do Estado da Evolução semanal da doença.

As condições climáticas relativas à precipitação e temperaturas predominantes durante duas semanas antes da data de leitura corroboraram com as exigências climáticas de *Mycosphaerella fijiensis*, durante o período de incubação (PI), que pode variar entre sete a quatorze dias.

**Tabela 1.** Coeficientes de correlação multivariada estimados para os dados de severidade, obtidos pelo Estado da Evolução (EE) e de Soma Bruta (SB), em função dos dados climáticos (precipitação acumulada e médias de temperatura máxima e mínima), predominantes nos bananais durante uma e duas semanas antes da data de leitura e, também, dos pontos extremos de severidade.

| Conjunto de Variáveis                    | Coeficiente de Correlação (r) |
|------------------------------------------|-------------------------------|
| SB versus 1 sem. antes                   | + 0,11                        |
| SB versus 2 sem. antes                   | - 0,31                        |
| EE versus 1 sem. antes                   | + 0,78                        |
| EE versus 2 sem. antes                   | + 0,82                        |
| SB versus 2 sem. antes (pontos extremos) | + 0,10                        |
| EE versus 2 sem. antes (pontos extremos) | + 0,10                        |

As variáveis que apresentaram maior grau de correlação ( $r=0,82$ ) foram submetidos à análise de regressão múltipla, obtendo-se assim, um modelo que melhor estimou o estado da evolução da severidade da doença duas semanas antes da data de leitura, o qual foi definido pela seguinte equação de regressão:  $EE = -1265 + 0,5886pp + 73,7879tmax + 52,8995tmin$ ; sendo:  $pp$  = precipitação acumulada;  $tmax$  = temperatura média máxima; e  $tmin$  = temperatura média mínima, com coeficiente de determinação  $R^2=0,9$  (**Figura 3**).



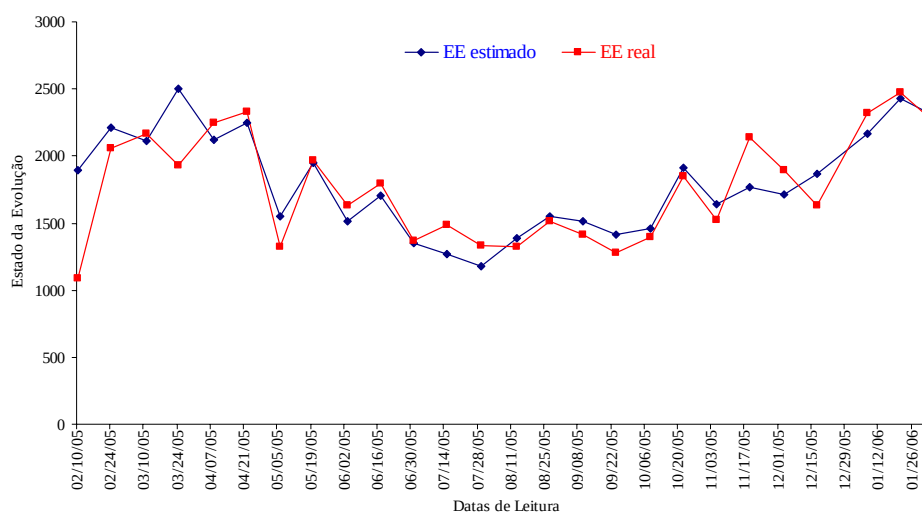


**Figura 3.** Estado da evolução real e estimado da Sigatoka-negra em bananal não tratado com fungicidas no Vale do Ribeira, São Paulo, no período de fevereiro/2005 a fevereiro/2006

O resultados demonstram o efeito aditivo e conjunto da precipitação e da temperatura média mínima e média máxima na estimativa do estado da evolução da severidade da Sigatoka-negra na região do Vale do Ribeira, São Paulo. O coeficiente de regressão ( $R^2=0,9$ ) acusa o alto grau de confiança do modelo ajustado aos dados do estado de evolução da severidade da doença, possibilitando, assim, se prever a evolução da severidade com antecedência de duas semanas, a semelhança dos estudos desenvolvidos por Perez (2000), em Cuba (9).

Ademais, considerando que na região do Vale do Ribeira não existe um período seco definido, a severidade da doença tende a atingir níveis menores no inverno e maiores no verão, certamente influenciados pelas temperaturas mínimas e máximas, respectivamente (**Figura 3**). No bananal não-tratado a severidade da doença mostrou-se sempre superior ao bananal tratado, uma vez que os fungicidas sistêmicos foram eficientes no controle da doença. Para o controle da Sigatoka-amarela, esse bananal necessitava de seis aplicações de fungicidas ao ano, enquanto que no controle da Sigatoka-negra foram necessárias nove aplicações, provocando um aumento de 50% no custo de proteção.

## CONCLUSÕES

1. Sigatoka-negra foi mais severa no período com precipitações e temperaturas mais elevadas e menos severa no período com precipitações e temperaturas mais baixas;
2. A severidade da Sigatoka-negra foi avaliada melhor pelo método de Estado da Evolução (EE) do que pela Soma Bruta (SB);
3. A severidade da Sigatoka-negra pode ser estimada com duas semanas de antecedência pelo modelo:  $EE = -1265 + 0,5886pp + 73,7879tmax + 52,8995tmin$ , com  $R^2 = 0,9$ ;
4. Houve um aumento de 50 % no custo de proteção contra a Sigatoka-negra em relação a Sigatoka-amarela.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CIIAGRO. Centro Integrado de Informações Agrometeorológicas do Estado de São Paulo. Disponível em < <http://ciiagro.iac.sp.gov.br> >. Acesso em 27/02/2005.
2. FERRARI, J. T.; NOGUEIRA, E. M. C; GASPAROTTO, L.; HANADA, R. E.; LOUZEIRO, L. M. Ocorrência da Sigatoka-negra em bananais no Estado de São Paulo. Arquivos do Instituto Biológico: v.72, n.1. p.133-134, 2005.
3. HAYKIN, S. Neural Networks: a comprehensive foundation, 2a. Ed. Prentice Hall, 1999.
4. MITCHELL, T. M. Machine learning. Boston, USA: MacGraw-Hill. 1998.
5. MORAES, W. da S.; FUKUDA, E.; MODONESE-GORLA DASILVA, S. H.; MENDONÇA, J. C.; LIMA, J. D. MENDES, C. DA S. Aplicativo para estimativa biológica da Sigatoka-negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet). Fitopatologia Brasileira: v.30, n.3, p.193. 2005. (Suplementos).
6. MORAES, W. da S.; MENDONÇA, J. C.; FUKUDA, E.; MENDES, C. DA S.; LIMA, J. D. SANTOS, A. J. dos.

- Dominância da Sigatoka-negra em bananais do Vale do Ribeira. Fitopatologia Brasileira: v.30, n.3, p.193. 2005. (Suplementos).
7. OROZCO-SANTOS, M. Manejo Integrado de la Sigatoka-negra Del Plátano. Mexico, DF: INIBAP, 1998. 95p. (INIBAP. Folheto Técnico, 1).
  8. PEREIRA, J. C. R.; GASPAROTTO, L.; COELHO, A. F. S.; VÉRAS, S. DE M. Doenças da Bananeira no Estado do Amazonas. 3ª Ed. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2000 p. (Embrapa Amazônia Ocidental. Circular Técnica, 20).
  9. PÉREZ, L. V. Epidemiología de la Sigatoka-negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) em Cuba. I. Prognóstico Bio-Climático de los Plátanos de los Tratamientos de Fungicidas en Bananos (*Musa acuminata* AAA). Revista Mexicana de Fitopatología, v.18, n.1, p. 15-26. 2000.
  10. PÉREZ, L. V. Manual para el Manejo Integrado de Sigatoka-negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) y Sigatoka-amarilla (*Mycosphaerella misicola* Leach ex Mulder) en Banano y Plátano. Habana, Cuba: Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal, 1996. 49 p.

## CONSTRUCCION DE UN MAPA GENETICO DE LIGAMIENTO DE *Mycosphaerella fijiensis*

### CONSTRUCTION OF A GENETIC LINKAGE MAP OF *Mycosphaerella fijiensis*

Gilberto Manzo-Sánchez<sup>1</sup>; Marie-Françoise Zapater<sup>2</sup>; Francisco Luna-Martínez<sup>3</sup>; June Simpson<sup>4</sup>; Jean Carlier<sup>2</sup> & Andrew James-Kay<sup>5</sup>

#### RESUMEN

Una cruza entre el aislamiento CIRAD86 (de Camerún, *mating type* +) y el aislamiento CIRAD139A (de Colombia, *mating type* -) fue usada para la construcción de un mapa genético de ligamiento de *Mycosphaerella fijiensis*. Una progenie de 61 ascosporas fue analizada para la segregación de 697 marcadores de ADN. En total, 299 marcadores AFLP y 16 marcadores SSR fueron combinados para producir un mapa genético de ligamiento de alta densidad. El mapa fue generado usando el software JoinMap 3.0 con un valor mínimo de LOD  $\geq 3.0$ . Veinte y tres grupos de ligamientos fueron obtenidos, conteniendo 5 o más marcadores, cubriendo 1857 cM. La densidad promedio entre marcadores fue de 7.0 cM (rango de 1 a 21 cM). El tamaño físico a la distancia genética fue de aproximadamente 18.8 kpb/cM. El tamaño del genoma haploide estimado fue calculado en 4398 cM. El mapa genético de ligamiento reportado en este estudio es el primero para este importante patógeno foliar de bananos y plátanos. La gran utilidad de este mapa es el uso para estudios de evolución en comparación con otros hongos y proporciona una estructura para la secuenciación del genoma de *M. fijiensis*.

**Palabras Clave:** Sigatoka negra, ascomiceto, marcadores de ADN, segregación, mapeo genético.

#### SUMMARY

A cross between the field isolate CIRAD86 (from Cameroon, *mating type* +) and the field isolate CIRAD139A (from Colombia, *mating type* -) was used for the construction of a genetic linkage map of *Mycosphaerella fijiensis*. A progeny of 61 single-ascospores were analyzed for segregation at 697 DNA markers. In all, 299 AFLP, 16 SSR markers were combined to produce a high-density genetic linkage map. The map was generated using JoinMap 3.0 software with a minimum LOD threshold value  $\geq 3.0$ . Twenty three linkage groups, containing 5 or more marker were obtained, covering 1857 cM. Average marker density is 7.0 cM (range 1 to 21 cM). The physical size to genetic distance was approximately 18.8 kbp/cM. The estimated total haploid genome size for *M. fijiensis* was calculated in 4398 cM. The genetic linkage map reported in this study is the first for this important foliar pathogen of bananas and plantains. The great utility of the map is the use for evolution studies in comparison with other fungi and provides a framework for *M. fijiensis* genome sequencing.

**Keywords:** Black sigatoka, DNA markers, segregation, genetic mapping

#### INTRODUCCIÓN

La enfermedad Sigatoka negra provoca severos daños a los bananos y plátanos, el agente causal es el hongo ascomiceto *Mycosphaerella fijiensis* Morelet, el cual ocasiona necrosis y reducción del área foliar, que resulta en una disminución del 20% al 70%, en el rendimiento de la fruta, esto siempre sucede cuando no existen métodos de control apropiados (Stover, 1980). La Sigatoka negra, es controlada principalmente con la aplicación de fungicidas (Stover, 1980; Marín *et al.*, 2003), lo que implica hasta el 40% del costo total de la producción, también ocasiona un aumento en el grado de contaminación ambiental y daños en la salud humana.

Hoy en día, en algunos hongos fitopatógenos se ha llevado a cabo la implementación y utilización de técnicas moleculares, con el objetivo de lograr un mejor conocimiento del genoma, para que en un futuro permitir un manejo y control del patógeno. El mapeo físico y genético del genoma, son principios básicos para iniciar con un mejor conocimiento del genoma. Recientemente, en *M. fijiensis* se ha reportado su cariotipo electroforético, siendo de 8 a 13 cromosomas y un tamaño estimado del

<sup>1</sup> Estudiante de Doctorado por el Centro de Investigación Científica de Yucatán, México (CICY). E-mail: [gmanzo@cicy.mx](mailto:gmanzo@cicy.mx).

<sup>2</sup> Investigador por el CIRAD, Campus International de Baillarguet, Montpellier Francia,

<sup>3</sup> Estudiante de Doctorado por el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN, México (CINVESTAV), Unidad Irapuato,

<sup>4</sup> Investigador por el CINVESTAV,

<sup>5</sup> Investigador por el CICY.

genoma de 35 Mb (mega bases) (Rodríguez *et al.*, 2006). El mapeo genético ha surgido en varios hongos fitopatógenos, con la finalidad de mapear alguna característica (o gene) de interés. Un mapa genético de ligamiento, permite localizar marcadores moleculares ligados a genes de interés, el entendimiento de la organización del genoma, el análisis comparativo con otras especies del mismo género y la relación con mapas físicos (Jurgenson *et al.*, 2002a).

El caso de *M. fijiensis*, hoy en día existe poca información sobre el conocimiento de su genoma. Por lo tanto, se plantean en este estudio los siguientes objetivos: **a)** Analizar genéticamente una población  $F_1$  obtenida por la cruce entre los aislamientos CIRAD86 y CIRAD139A. **b)** Generar marcadores de ADN polimórficos que segreguen en la población  $F_1$  en una proporción 1:1. **c)** Construir un mapa genético de ligamiento del hongo a partir del analizar de los marcadores generados.

## MATERIALES Y METODOS

El ADN genómico de la progenie (61 cultivos monoascosporicos) y los padres (CIRAD86 originario de Camerún, *mating type* + y CIRAD139A originario de Colombia, *mating type* -) se llevo a cabo siguiendo la metodología descrita por Carlier *et al.* (1996) con algunas modificaciones.

Para el análisis de los marcadores microsatélites o secuencias simples repetitivas (SSR), se utilizaron 32 nuevos pares de oligonucleótidos desarrollados en este estudio. Las condiciones de la PCR fue llevada a cabo en volúmenes de 25  $\mu$ l, conteniendo 2 mM de  $MgCl_2$ , 0.2 mM de dNTPs, 12.5 pmol de cada oligonucleótidos, 0.625 U de *Taq* ADN polimerasa, 16 mM  $(NH_4)SO_4$ , 67 mM Tris-HCl pH 8.8, 0.01% de Tween 20 y 2 ng de templado de ADN. Después de la desnaturalización inicial (94°C, 2 min), la PCR fue corrida por 30 ciclos (94°C for 30 s, 55°C for 45 s, 72°C for 45 s) en un termociclador Perkin-Elmer 9700 thermocycler. Siguiendo una extensión final (72°C; 7 min). Por ultimo las muestras fueron separadas en gel de agarosa al 2.0 % y teñidos con bromuro de etidio para su posterior visualización y análisis.

Los análisis de AFLP se llevaron de acuerdo a Vos *et al.* (1995). Utilizando el kit IRDye™ Fluorescent AFLP® (Li-Cor, Lincoln, NE) según la metodología de Myburg *et al.* (2003). El protocolo consistió de cinco pasos: *i)* preparación del templado mediante la digestión con dos enzimas de restricción (*MseI* y *EcoRI*); *ii)* ligación con adaptadores específicos que son ligados a los extremos de los fragmentos restringidos; *iii)* una preamplificación con dos oligonucleótidos complementarios a los extremos de los adaptadores ligados; *iv)* amplificación selectiva con oligonucleótidos selectivos con un nucleótidos +2 en el extremo 3' y *v)* separación de los productos de la amplificación selectiva mediante electroforesis en gel de poliacrilamida. La electroforesis se llevo a cabo en el secuenciador automático de ADN 4200 LI-COR IR2. Se usaron 48 combinaciones de oligonucleótidos selectivos. Las imágenes fueron analizadas rápidamente con la ayuda del software SAGA™ (Li-Cor, Lincoln, NE). El análisis de los marcadores SSR y AFLP que fueron polimórficos entre los parentales fueron evaluados sobre la progenie  $F_1$ , se analizaron por desviaciones de un radio de segregación esperado 1:1 ( $\alpha = 0.01$ ) y un valor de  $\chi^2 \leq 7.7$ . Los análisis de ligamiento genético se llevaron a cabo usando el programa JoinMap 3.0 (Van Ooije y Voorrips, 2001). Para generar inicialmente los grupos de ligamiento (GL), solamente se seleccionaron los marcadores con radios de segregación balanceada (1:1). Se usó un valor mínimo de LOD  $\geq 3.0$  y una fracción máxima de recombinación de 0.25 para establecer las relaciones de ligamiento entre marcadores. La función de Kosambi fue empleada para el mapeo, para convertir la frecuencia de recombinación a distancia genéticas en valores de centimorgans (cM).

## RESULTADOS Y DISCUSION

Una combinación de 48 oligonucleótidos amplificaron 661 marcadores AFLP, de los cuales fueron polimórficos entre los padres, de esos, 347 amplificaron en CIRAD86 y 314 marcadores amplificaron en CIRAD139A. El numero de marcadores polimórficos generados por las combinaciones de oligonucleótidos, vario de 6 a 27 marcadores, con un promedio de 13.7 marcadores polimórficos por combinación. Estos resultados esta dentro del promedio que se han obtenido en otros estudios para generar mapas genético de ligamientos de hongos (Kema *et al.*, 2002; Jurgenson *et al.*, 2002a y Phan *et al.*, 2003).

Doscientos noventa y nueve marcadores AFLP y 15 marcadores SSR generaron un mapa genético de ligamiento conformado por 23 grupos de ligamiento, conteniendo 5 o más marcadores con un valor mínimo de LOD  $\geq 3.0$ . En otros ascomicetos se ha reportado un numero similar de GL (Cozijnsen *et al.*, 2000; Kema *et al.*, 2002; Zhong *et al.*, 2002). Sin embargo, el número de GL no concuerda con la cantidad de cromosomas del hongo, nosotros especulamos que algunos de los pequeños GL, probablemente podrían unirse cuando se adicionen otros marcadores al mapa. Para asociar los GL

con cromosomas, es necesario usar al menos un marcador de cada uno de los GL como sonda para que hibride con algún cromosoma, esto con la ayuda del CHEF (contour-clamped homogeneous electric field), dicho procedimiento ha sido aplicado en *Magnaporthe grisea* (Skinner *et al.*, 1993), *Cochliobolus heterostrophus* (Tzeng *et al.*, 1992), *Cochliobolus sativus* (Zhong *et al.*, 2002), entre otros.

El mapa genético de ligamiento cubrió una longitud de 1857 cM (Figura 1), siendo mayor a lo reportado de 1500 cM en *C. heterostrophus* (Tzeng *et al.*, 1992), 1300 cM en *Gibberella zeae* (Jurgenson *et al.*, 2002a) y 1280 cM en *L. maculans* (Cozijnsen *et al.*, 2000) y 1216 en *M. graminicola* (Kema *et al.*, 2002), por citar algunos ejemplos. El espacio promedio entre marcadores del mapa reportado en este estudio fue de 7.0 cM (Cuadro 1), el cual esta dentro del rango reportado en otros estudios, los cuales van de 15. 1 cM en *Ascochyta rabiei* (Phan *et al.*, 2003), 5.3 cM en *M. graminicola* (Kema *et al.*, 2002). Existieron otros 68 marcadores AFLP y 3 marcadores SSR que fueron asignados a pequeños GL ligados con al menos un marcador. Estos marcadores formaron otros 26 GL, 6 grupos formados cada uno por 4 marcadores, 7 GL por 3 marcadores y 13 GL formados por dos marcadores (datos no mostrados). La longitud calculada incluyendo todos los GL fue de 2555 cM, muy similar a lo reportado en *Heterobasidion annosum* que fueron 2252 cM (Lind *et al.*, 2003) y *Blumeria graminis* con 2114 cM (Pedersen *et al.*, 2002).

**Cuadro 1.** Características del mapa genético de ligamiento de *Mycosphaerella fijiensis*. Longitud del grupo de ligamiento, número de marcadores, espacio promedio entre marcadores y distancia mayor entre marcadores.

| Grupo de ligamiento | Longitud (cM) | % de la longitud del genoma | Número de marcadores | Espacio promedio entre marcadores (cM ) | Distancia mayor (cM) |
|---------------------|---------------|-----------------------------|----------------------|-----------------------------------------|----------------------|
| 1                   | 191.98        | 10.28                       | 31                   | 6.19                                    | 18.79                |
| 2                   | 154.253       | 8.30                        | 34                   | 4.54                                    | 21.52                |
| 3                   | 138.55        | 7.45                        | 32                   | 4.33                                    | 17.24                |
| 4                   | 116.369       | 6.26                        | 32                   | 3.64                                    | 14.15                |
| 5                   | 111.259       | 7.0                         | 28                   | 3.97                                    | 10.33                |
| 6                   | 109.645       | 5.9                         | 13                   | 7.83                                    | 18.31                |
| 7                   | 108.361       | 5.8                         | 17                   | 6.37                                    | 16.43                |
| 8                   | 97.751        | 5.2                         | 14                   | 6.98                                    | 18.89                |
| 9                   | 92.344        | 4.9                         | 17                   | 5.43                                    | 16.99                |
| 10                  | 74.012        | 3.9                         | 10                   | 7.40                                    | 18.11                |
| 11                  | 62.156        | 3.3                         | 5                    | 12.43                                   | 20.43                |
| 12                  | 60.869        | 3.2                         | 7                    | 8.70                                    | 14.16                |
| 13                  | 60.863        | 3.2                         | 5                    | 12.17                                   | 21.04                |
| 14                  | 60.00         | 3.2                         | 9                    | 6.6                                     | 17.00                |
| 15                  | 55.185        | 2.9                         | 10                   | 5.52                                    | 9.88                 |
| 16                  | 53.941        | 2.9                         | 5                    | 10.79                                   | 15.99                |
| 17                  | 49.903        | 2.6                         | 7                    | 7.13                                    | 16.90                |
| 18                  | 48.411        | 2.6                         | 5                    | 9.68                                    | 14.81                |
| 19                  | 48.247        | 2.6                         | 5                    | 9.65                                    | 14.63                |
| 20                  | 45.798        | 2.4                         | 5                    | 9.16                                    | 15.21                |
| 21                  | 44.00         | 2.3                         | 9                    | 4.80                                    | 9.0                  |
| 22                  | 38.447        | 2.0                         | 8                    | 4.81                                    | 7.57                 |
| 23                  | 34.915        | 1.8                         | 7                    | 4.99                                    | 7.86                 |
| Total               | 1,857.259     | 100                         | 315                  | 7.0                                     |                      |



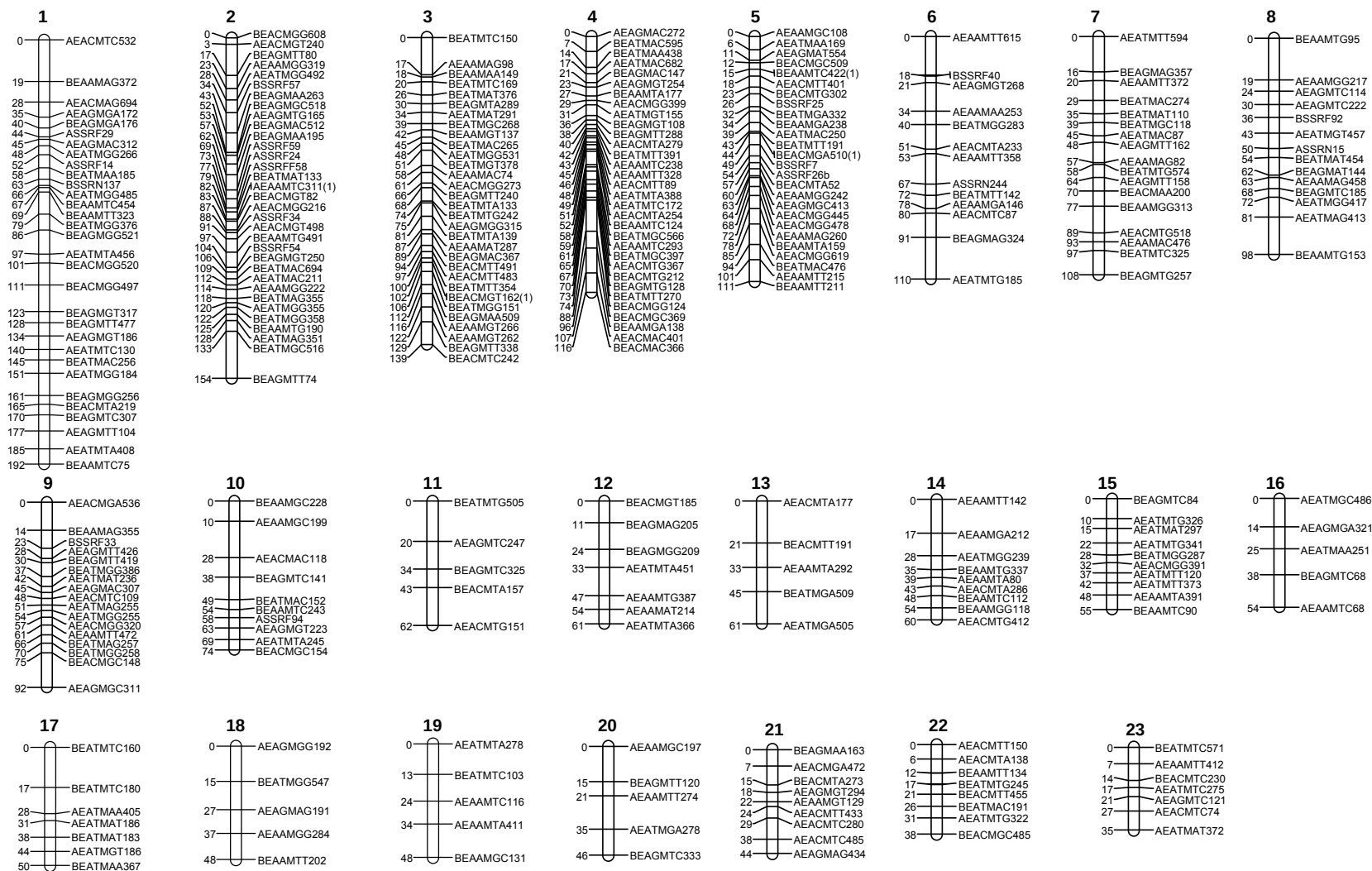


Figura 1. Mapa genético de ligamento de *Mycosphaerella fijiensis*, gerado por 299 marcadores AFLP y 15 marcadores SSR incluídos em 23 grupos de ligamento, cobrindo uma longitud de 1857 cM. A la izquierda se muestra la posición del marcador dada em cM.

Se calculo el tamaño del genoma haploide en base al método descrito por Hulbert *et al.*, (1988), siendo de 4398 cM. Basándose en esta estimación, el mapa genético generado en este estudio abarca aproximadamente el 58% de la longitud total del genoma de *M. fijiensis*. El tamaño estimado es superior al de otros hongos. Por otra parte, considerando un tamaño del genoma de 36 Mb para *M. fijiensis*, se estimo para los 23 GL formados por 5 o más marcadores, comparando el tamaño físico a la distancia genética, es de aproximadamente 18.8 kpb/cM. Este resultado es inferior a los 40-45 kpb/cM reportados en *Magnaporthe grisea* (Skinner *et al.*, 1993), 23 kpb/cM en *Cochliobolus heterostrophus* (Tzeng *et al.*, 1992) y 25 kpb/cM en *Cochliobolus sativus* (Zhong *et al.*, 2002).

Por último, es importante mencionar que la información generada en este estudio es una base para posteriores estudios en este patógeno. Un mapa genético de ligamiento podría ser útil para identificar loci de características cuantitativas asociadas con la agresividad o al stress oxidativo (por ejemplo: resistencia a fungicidas). Así como también para estudios de relaciones de sintenia con algunas especies relacionadas.

## CONCLUSIONES

1. Se construyo el primer mapa genético de ligamiento de *M. fijiensis*, el hongo causante de la Sigatoka negra del banano, mediante el análisis de una población  $F_1$  empleando marcadores AFLP y SSR.
2. El mapa genético de ligamiento mostró características similares a las reportadas en otros hongos fitopatógenos, cubrió un 58% de la longitud total del genoma.
3. El tamaño estimado del genoma haploide de *M. fijiensis* usando la información generada en este estudio fue superior al de otros hongos.

## AGRADECIMIENTOS

G. Manzo-Sánchez agradece el apoyo de la beca para sus estudio de Doctorado otorgada por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, México (CONACyT) (No. 128982). Este proyecto fue financiado por el CONACYT (No. 37602-B). Nosotros agradecemos a Emigdia Alfaro por su apoyo durante el análisis de los marcadores AFLP.

## BIBLIOGRAFIA

1. Carlier J., Lebrun M.H., Zapater M. Dubois C., and Mourichon X. 1996. Genetic structure of the global population of banana black leaf streak fungus, *Mycosphaerella fijiensis*. Molecular Ecology 5:499-510.
2. Cozijnsen, A.J., Popa, K.M., Rolls, B.D., Purwantara, A., and Howlett, B.J. 2000. Genome analysis of the plant pathogenic fungus *Leptosphaeria maculans*: mapping mating type and host specificity loci. Molecular Plant Pathology 1:293-302.
3. Hulbert, S.H., Illott, T.W., Legg, E.J., Lincoln, S.E., Lander, E.S., and Michelmore, R.W., 1988. Genetic analysis of the fungus, *Bremia lactucae*, using restriction fragment length polymorphisms. Genetics 120:947-958.
4. Jurgenson, J.E., Bowden, R.L., Zeller, K.A., Leslie, J.F., Alexandra, N.J., Plattner, R.D. 2002a. A genetic map of *Gibberella zeae* (*Fusarium graminearum*). Genetics 160:1451-1460.
5. Jurgenson, J.E., Zeller, K.A., and Leslie, J.F. 2002. Expanded genetic map of *Gibberella moniliformis* (*Fusarium verticillioides*). Applied and Environmental Microbiology 68:1972-1979.
6. Kema, G.H.J., Goodwin, S.B., Hamza, S., Verstappen, E.C.P., Cavaletto, J.R., Van der Lee, T.A.J., de Weerd, M., Bonants, P.J.M., Waalwijk, C. 2002. A combined amplified fragment length polymorphism and randomly amplified polymorphism DNA genetic linkage map of *Mycosphaerella graminicola*, the septoria tritici leaf blotch pathogen of wheat. Genetics 161: 1497-1505.
7. Lind, M., Olson, A., and Stenlid, J. 2005. An AFLP-markers based genetic linkage map of *Heterobasidion annosum* locating intersterility genes. Fungal Genetics and Biology
8. Marín, D.H., Romero, R.A., Guzmán, M., Sutton, T.B. 2003. Black sigatoka: An increasing threat to banana cultivation. Plant Disease 87:208-222.
9. Myburg, A.A., Remington, D.L., O'Malley, D.M., Sederoff, R.R., and Whetten, R.W. 2001. High-throughput AFLP analysis using infrared dye-labeled primers and an automated DNA sequencer. Bio/Techniques 30: 348-357.
10. Phan, H.T.T., Ford, R., and Taylor, P.W.J. 2003. Mapping the mating type locus of *Ascochyta rabiei*, the causal agent of ascochyta of chickpea. Molecular Plant Pathology 4:373-781.
11. Rodríguez, C.M., Raigosa-Flores, N., Conde-Ferrández, L., Peraza-Echeverría, L., Canto-Canché B., Espadas-Manrique C. and James-Kay, A. 2006. Variation in electrophoretic karyotype between Mexican isolates of *Mycosphaerella fijiensis*. (Aceptado en Canadian Journal of Plant Pathology).
12. Stover, R.H. 1980. Sigatoka leaf spot of bananas and plantains. Plant Disease 64: 750-756.

13. Tzeng, T.-H., Lyngholm, L.K., Ford, C.F., and Bronson, C.R. 1992. A restriction fragment length polymorphism map and electrophoretic karyotype of the fungal maize pathogen *Cochliobolus heterostrophus*. *Genetics* 130: 81-96.
14. Van Ooijen, J.W. and Voorrips, R.E. 2001. JoinMap® 3.0, Software for the calculation of genetic linkage maps. Plant Research International, Wageningen, the Netherlands.
15. Vos, P., Hogers, R., Bleeker, M., Reijans, M., Van der Lee, T., Hornes, M., Frijtens, A., Pot, J., Peleman J., Kiper M., and Zabeau M. 1995. AFLP a new technique for DNA fingerprinting. *Nucleic Acids Research* 23:4407-4414.
16. Zhong S., Steffenson B.J. J. Martinez P., and Ciuffetti L.M. 2002. A molecular genetic map and electrophoretic karyotype of the plant pathogenic fungus *Cochliobolus sativus*. *Molecular Plant-Microbe Interactions* 15:481-992.
17. Pedersen, C., Rasmussen, S.W., and Giese, H. 2002. A genetic map of *Blumeria graminis* based on functional genes, avirulence genes, and molecular markers. *Fungal Genetics and Biology* 35:235-246.
18. Skinner, D.Z., Budde, A.D., Farman, M.L., Smith, J.R, Leung, H., and Leong, S.A. 1993. Genome organization of *Maganaporthe grisea*: genetic map, electrophoretic karyotype, and occurrence of repeated DNAs. *Theoretical and Applied Genetics* 87:545-557.

## EFICIENCIA FUNGICIDA, EVOLUCIÓN PATOGENICA Y PERDIDAS DE SENSIBILIDAD DE SIGATOKA NEGRA EN COLOMBIA

### FUNGICIDE EFFECTIVENESS AND PATHOGEN SENSIBILITY LOSSES OF BLACK SIGATOKA IN COLOMBIA

Miguel Mayorga Pinzón<sup>1</sup> & Miguel Angel Zapata Colorado<sup>2</sup>

#### RESUMEN

El control de Sigatoka Negra en banano, está fundamentado en la aplicación de fungicidas. Los programas de aspersión han venido aumentando el número de ciclos a través de los años y reducido su frecuencia. Esta variación se debe a pérdidas de sensibilidad de los fungicidas, que ponen en riesgo a la mayoría de las moléculas en uso. La razón por la cual se llega a esta situación, puede originarse en subdosis, sobredosis, sobre exposiciones espacio temporales, a causa de deficiencias de aspersión. Por ello, el control debe involucrar conocimiento sobre la enfermedad para evitar mayores daños; según la curva de progreso de la enfermedad, se debe eliminar el inóculo inicial con aspersiones de sistémicos en épocas en las que tradicionalmente no se han recomendado. El inóculo potencial debe controlarse con aspersiones puntuales de sistémicos. Los protectantes deben acompañar por más tiempo la fumigación de sostenimiento. Para reducir aspersiones, se debe trabajar más en coordinación, involucrar más conocimiento del patógeno e integrar sistemas predictivos que son en últimas la única forma de ampliar frecuencias e reducir intensidad de aspersión.

Palabras Claves: Sigatoka Negra, Pérdidas de sensibilidad, efectividad fungicida,

#### SUMMARY

Sigatoka control in bananas is based on spraying programs of fungicides. As an annual program, these applications have increased in number and reduce in frequency through years of spraying, due to sensibility losses of the fungus to the fungicides in use. These losses are considered to be originated by sub dose, overdose, over exposure of product through time and space, caused by spraying failing. So, spraying programs must involve knowledge about the disease to avoid further failings. The disease progress throughout a year indicates that initial inoculums might be eliminated with systemic sprayings at times where usually it is not actually recommended. Potential for secondary inoculum may be controlled by accurate and reliable systemic applications. Protectants fungicides can be used longer periods of the sustainable applications. For reducing application figures it is necessary to work closely as a team involving researcher and technicians to integrate predictive systems. It is possible to decrease intensity and frequency of spraying only by using prognosis knowledge of the pathogen.

Keywords: Black sigatoka, sensibility losses, fungicide activity.

#### INTRODUCCIÓN

Diversas estrategias han sido propuestas para prevenir o retrasar la aparición de poblaciones patógenas de sensibilidad reducida a los fungicidas empleados en banano para el control de la enfermedad de la Sigatoka Negra causada por el ascomiceto *Mycosphaerella fijiensis* Morelet (knight, 2002). Resistencia horizontal a la enfermedad, que confiera durabilidad al cultivo es la búsqueda constante a través de diferentes metodologías biotecnológicas. Técnicas de manejo de los agroquímicos para limitar su adaptabilidad metabólica mediante acciones disruptivas de la selectividad del patógeno, se han sugerido y consolidado como las alternativas inmediatas de adaptación in situ (Lepoivre, 2002).

No obstante, la baja diversidad de grupos químicos de los fungicidas utilizados; el incremento en la presión de enfermedad a través del tiempo, favorecido por condiciones ambientales; la exigencia de mantenimiento de plantaciones libres de daño, que conlleva un incremento en las frecuencias; han llevado al patógeno a presentar variaciones adaptativas, reducción en la eficiencia del control,

<sup>1</sup> Director Servicios Agrícolas Bananeros SABANA S.A. Medellín, Colombia. [microaspersor@yahoo.com](mailto:microaspersor@yahoo.com).

<sup>2</sup> Director Instituto Colombiano Agropecuario ICA, Carepa, Antioquia Colombia [mazcol@yahoo.com](mailto:mazcol@yahoo.com)

incremento en el numero de aplicaciones fungicidas y en los costos, e incertidumbre acerca del futuro en torno a los programas de manejo de la enfermedad.

### MANEJO DE SIGATOKA

El proceso productivo de banano en Colombia, lo realizan agricultores independientes asociados a compañías bananeras que prestan servicios varios a las plantaciones. Entre los servicios prestados a los agricultores, se encuentra el control de Sigatoka que es realizado directamente por departamentos técnicos dependientes de las compañías bananeras y encargados de decidir el programa de control Sigatoka y mantener un eficiente servicio, a la vez que un costo racional del mismo.

A través de los años, el número de aplicaciones se ha venido incrementando ligeramente, algunas veces de manera casual por efectos ambientales, lo que hace que la variación sea regresiva, como ocurrió en 1997, donde se hicieron 3 a 5 ciclos más que en años anteriores y posteriores (Tabla 1). Más recientemente, el incremento en aplicaciones está relacionado con disminución de la eficiencia fungicida y ello no permite recuperar en forma apreciable intervalos amplios de aspersión. En la década de los 90, el número de aplicaciones necesarias para obtener un buen control se encontraba alrededor de 22 a 25 ciclos año, siendo la mitad de esas aplicaciones de productos sistemicos (Mayorga, 1993). En años recientes, ese número se ha movido desfavorablemente hacia un total anual de 30 a 32 ciclos, aunque la proporción sistemicos-protectantes se ha mantenido y ha sido uno de los factores determinantes en el buen control local. La predicción probable en torno al manejo del patógeno, es la necesidad de implementar programas con mayor numero de aspersiones de fungicidas protectantes, que incrementarán la cifra de aplicaciones totales año (Tabla 1).

Las regiones bananeras colombianas, son bosques húmedos tropicales y bosques semihúmedos tropicales según la clasificación de Holdridge, con una temporada definida de verano o mínima precipitación de dos o tres meses de duración. La época seca, rompe el ciclo de agua y ayuda en los programas de aspersión, manejo del patógeno y preservación de la eficiencia de los fungicidas. Al igual que en otras regiones bananeras, el uso de fungicidas sistemicos se ha encaminado a la época de lluvias, aplicados desde hace unos años en mezclas compuestas, y a intervalos de 12 a 15 días (Tabla 2). En el período seco, se utilizan fungicidas de contacto con una periodicidad de 10 a 15 días (Tabla 2) y con el propósito de generar lapsos libres de aplicación de sistemicos y productos de grupos similares. Las pérdidas de sensibilidad a algunos fungicidas sistemicos, han sugerido implementar programas con productos protectantes, que han brindado buenos resultados de control y bajo número de aspersiones totales por año.

Tabla 1. Numero de aplicaciones por año y producto, efectuadas en la zona de Urabá, Colombia.

| Año  | <i>Benomyl</i> | <i>Mancozeb</i> | <i>Tridemorph</i> | <i>Clorotalonil</i> | <i>Strobys</i> | <i>Triazols</i> | Total |
|------|----------------|-----------------|-------------------|---------------------|----------------|-----------------|-------|
| 1992 | 4,1            | 1,2             | 4,2               |                     |                | 7               | 13,5  |
| 1997 | 1,63           | 3,52            | 3,18              | 8,36                | 0,045          | 8,87            | 25,61 |
| 1998 |                |                 | 5,03              | 8,06                | 0,55           | 6,65            | 22,13 |
| 1999 | 1,81           | 0,27            | 8,35              | 4,67                | 2,18           | 7,54            | 24,82 |
| 2000 | 1,29           | 0,06            | 5,27              | 3,38                |                | 5,08            | 25,85 |
| 2001 | 0,97           | 0,59            | 6,26              | 5,96                | 3,03           | 7,96            | 24,77 |
| 2002 |                | 0,93            | 7,09              | 4,76                | 3,12           | 8,13            | 24,03 |
| 2003 |                |                 | 9,28              | 6,42                | 3,39           | 8,56            | 27,65 |
| 2004 |                | 8,34            | 6,61              | 0,51                | 1,89           | 5,91            | 23,26 |
| 2005 |                | 5,57            | 9,56              | 7,32                | 3,76           | 8,86            | 34,57 |
|      | 1,42           | 2,28            | 6,38              | 5,26                | 2,02           | 7,33            |       |



Tabla 2. Frecuencia de aspersión por producto, para las fincas de las comercializadoras Proban y Uniban, zona de Urabá, Colombia.

| Año  | <i>Benomyl</i> | <i>Mancozeb</i> | <i>Tridemorph</i> | <i>Clorotalonil</i> | <i>Strobys</i> | <i>Triazols</i> | Total |
|------|----------------|-----------------|-------------------|---------------------|----------------|-----------------|-------|
| 1992 | 20,0           | 14,5            | 21,25             |                     |                | 22,66           | 19,60 |
| 1997 | 11,69          | 12,73           | 12,56             | 11,47               | 10,77          | 11,62           | 11,81 |
| 1998 | 22,00          | 18,02           | 13,54             | 13,48               | 11,60          | 15,78           | 14,79 |
| 1999 | 11,52          | 9,73            | 12,26             | 11,94               | 12,29          | 11,10           | 11,47 |
| 2000 | 13,05          | 9,65            | 13,77             | 10,92               | 12,82          | 12,35           | 12,09 |
| 2001 | 14,46          | 14,51           | 13,47             | 7,76                | 11,69          | 14,05           | 13,79 |
| 2002 | 10,84          | 12,78           | 13,26             | 11,73               | 12,42          | 11,87           | 12,45 |
| 2003 |                | 8,66            | 12,27             | 12,51               | 12,78          | 12,03           | 12,13 |
| 2004 | 10,84          | 11,49           | 11,35             | 9,93                | 11,64          | 10,59           | 11,03 |
| 2005 |                | 7,94            | 11,52             | 9,21                | 12,16          | 10,48           | 10,28 |
|      | 13,5           | 12,2            | 12,8              | 11,2                | 12,0           | 12,4            |       |

Las condiciones ambientales, que son determinantes en el tipo de producto a asperjar, influyen igualmente en la eficiencia del fungicida y su prevalencia como molécula de uso regular. La frecuencia de aspersión, es el mejor indicativo de pérdidas de sensibilidad en el tiempo. Las frecuencias de aspersión de todos los fungicidas utilizados en Colombia, se han reducido a través de los años, y la reducción ha sido puntual y rápida en su momento.

Las pérdidas en eficiencia de los fungicidas se dan en aquellos años en los cuales las condiciones ambientales son muy favorables para el desarrollo de la enfermedad y la dinámica del patógeno genera grandes poblaciones, alta movilidad de esporas e incrementos de la severidad de la enfermedad. Pérdidas de eficiencia se han dado para la región de Urabá en los años 1994, 1998 y 2005, años en los que las condiciones ambientales han exigido una mayor frecuencia de aspersiones y un incremento en el número de aplicaciones. Igualmente, las pérdidas de sensibilidad pueden ocurrir a través del tiempo y en razón a que existen áreas de cultivo donde las condiciones ambientales son permanentemente favorables para el desarrollo de la enfermedad y la dinámica del patógeno.

Este puede ser el caso de algunas plantaciones en la zona sur de la región bananera de Urabá, donde llueven cerca de 4000 mm de precipitación al año. En esta área, el control ha sido deficiente, se han llegado a efectuar hasta 48 ciclos de aspersión año y durante el periodo seco, después de la acumulación de infecciones del periodo lluvioso, sobreviene una pérdida de producción por pérdida de follaje e ineficiencia de las moléculas fungicidas. Igual condición se presenta en la zona de Orihuela y en el municipio de Aracataca en la región bananera de Santa Martha, donde la presión de enfermedad es tan alta, que para mantener el control se han efectuado 10 a 15 aplicaciones más que en otras áreas de la región bananera de Santa Martha. Aplicaciones muy frecuentes, programas de aspersión en los que se incluyen demasiados fungicidas y baja respuesta en el control son los resultados que se evidencian en las dos zonas; que llevan a los profesionales responsables del manejo de Sigatoka a buscar solución en la aplicación excesiva y que solo tienen explicación por la pérdida de sensibilidad a los agroquímicos, un hecho que ocurre por efecto acumulativo a través de los años.

#### ROTACIÓN Y EFICIENCIA DE LAS MOLÉCULAS FUNGICIDAS

Desde el momento en que se inició el uso de Benomyl en banano, se establecieron recomendaciones para el manejo de sensibilidad de este tipo de moléculas, basados en experiencias de manejo en otros cultivos como cucúrbitas y cereales. Recomendaciones que para el caso Colombiano han permitido mantener el control y han limitado el desarrollo de pérdidas de sensibilidad en la mayoría de productos. Desde 1990, se iniciaron aspersiones de fungicidas sistémicos (S) en mezclas con fungicidas protectantes (P) y se mantuvieron secuencias rotacionales de fumigación con alternancia de productos. A partir de el año 2004, la práctica de aspersión de fungicidas protectantes con cualquier fungicida sistémico, se volvió una constante, pues anteriormente no era reglamentaria de todas las empresas de fumigación, como se ilustra en las secuencias siguientes extractadas de programas de fumigación de algunas fincas colombianas en años recientes:

**1992:** P+S, P+S, S, S, P, P, P, S, S, P+S, P, S, S, P+S, P+S, P+S

**1997:** P, ..., 13P, S1, S1, S2, P, S1, S1, P, S1, S1, P, S1, P, S1, S1,

**2002:** P, S1+P, 5P, S2, P, S1, P, S1, P, S2, S1, S2, P, S1, P, S1, S1, P, S1, P, P

**2005:** P, S1+P, 4P, S2+P, 2P, S1+P, P, S1+P, S2+P, S1+P, 4P, S2+P, S1+P, 4P, S1+P, 3P.

Desafortunadamente, algunas moléculas fungicidas de diferentes grupos químicos, presentan una mayor disposición a perder su habilidad de control del hongo. Al interior de los grupos químicos, existe también una marcada diferencia de respuesta fungicida que hace que algunas moléculas presenten corta vida útil. Entre los triazoles por ejemplo, Tebuconazol, Epoxiconazol, Hexaconazol, han mostrado mayor tendencia a perder su eficiencia fungicida. Del grupo de las Estrobirulinas, Asoxistrobyn, está presentado una menor eficiencia fungicida en comparación con otras moléculas del mismo grupo. El problema central con las pérdidas presentadas con estas moléculas, es la resistencia colateral y la resistencia cruzada por efecto de la acción fungicida sobre sitios similares de acción.

### IMPACTO SOBRE EL CONTROL ACTUAL.

Programas de monitoreo para medir pérdidas de sensibilidad a los fungicidas utilizados en banano, han permitido establecer recomendaciones de manejo y así retrasar la aparición de resistencia. Las medidas adoptadas, han ejercido un efecto favorable en el manejo. 1. El tiempo de exposición del hongo al fungicida, se ha manejado eficientemente, dejando períodos libres de aplicación de los fungicidas en riesgo. 2. La presión de selección ha sido lenta, por un buen programa de aplicaciones que busca utilizar los fungicidas en períodos definidos del año y con un máximo de aplicaciones totales por unidad de tiempo. 3. Además, de los acuerdos espacio-temporales, la zona platanera circundante o inmersa en la zona bananera, mayoritariamente no emplea fungicidas y ello ha disminuido la generación de riesgo, al incrementar la probabilidad combinatoria de especies libres de presión de selección.

A pesar de los seguimientos efectuados y de las diferentes entidades involucradas en evaluación de pérdidas de sensibilidad, no se dispone de información sumariada que permita concluir en forma cierta que tanta eficiencia fungicida se ha perdido a través de los años. La única verdad en todo esto es que las aplicaciones actuales son mucho menos efectivas que las aplicaciones similares realizadas en años anteriores y ello es el mejor indicio de las pérdidas de sensibilidad generadas.

Existen además factores que influyen la aparición de sensibilidad y no pueden ser controlados pues forman parte del ecosistema en que cohabitan patógeno y hospedero. Las condiciones ambientales de ciertas áreas dentro de las regiones bananeras, son especialmente favorables para la evolución o adaptación del patógeno.

En Urabá por ejemplo, durante nueve meses del año, las condiciones climáticas son altamente favorables para la ocurrencia de Sigatoka, lo que permite que muchas generaciones y poblaciones se recombinen. La tasa de propagación, la movilidad y la severidad de las epidemias, durante este período de tiempo son particularmente favorables en algunas áreas con mayor presencia de agua y menor calidad o persistencia de aspersiones. La pérdida de sensibilidad en forma puntual, hace que organismos genéticamente más virulentos, se adapten en esas áreas para después colonizar toda la región bananera. Existen además, fincas con respuestas desfavorables a programas de control, fincas con muchas aplicaciones totales año que no son otra cosa que poblaciones de sensibilidad reducida comprobada, que permiten que las mutaciones resistentes empiecen a aumentar.

Las fincas con problemas de manejo o poblaciones resistentes, actúan como focos de dispersión a partir de los cuales se presenta un proceso de recolonización con la especie patógena más virulenta. Por consiguiente, estas fincas deben someterse a programas de aspersión con protectantes, para frenar la habilidad del hongo, o si el comportamiento es muy agresivo, considerar la renovación de la plantación. Pues lo único que estas fincas hacen es poner en riesgo la viabilidad del manejo de otras plantaciones y de una región.

Mientras se pueda garantizar la eliminación de una población, se permite renovar al hospedero y a su vez eliminar el patógeno resistente, al crear una ventana libre de follaje de una a cuatro semanas. Una finca renovada no requiere aspersiones durante las primeras 12 semanas de desarrollo, pues las primeras 12 hojas no afectan para nada el ciclo reproductivo de la plantación. Si la renovación se programa para el final de los períodos secos, se logra obtener un lapso de tiempo superior a las doce semanas (4 o 5 meses), en el cual el inóculo inicial se lleva a prácticamente cero y ello permitirá que poblaciones más susceptibles al fungicida vuelvan acompañando al nuevo cultivo.

La pérdida de sensibilidad, no es otra cosa que un proceso de selección inducida a través del manejo de los fungicidas, en el que un pequeño grupo de esporas con capacidad de crecer aún en presencia del fungicida, aumenta su frecuencia en períodos de tiempo (Chin 1987, Mackenzie 1978). Existen

varias formas de llegar a ejercer presión de selección sobre un patógeno. Aplicar subdosis de una molécula, es una practica bastante común que aunque no lo aceptemos, se presenta por efecto de robo del producto para el mercado negro. Aplicación de sobredosis o sobre exposiciones, es igualmente frecuente en linderos entre fincas fumigadas por diferentes compañías de fumigación, que coinciden en el tiempo de exposición de los productos. Largas exposiciones de producto se presentan por efecto de programas similares de aspersión que coinciden espacialmente. Otro factor determinante en las variaciones del manejo, es una aplicación deficiente por fallas en los equipos, aspersiones en condiciones ambientales desfavorables que generan exposiciones no deseadas.

Los inconvenientes que se presentan deben exigir, el mirar los programas de control como la única herramienta actual, que debe propender por un mejor control, se debe involucrar el conocimiento sobre la enfermedad para aplicar cuando se obtenga el mejor efecto. Todas las personas y entidades involucradas en programas de aspersión en una región, deben trabajar más como equipo, eliminando intereses comerciales que a ningún plazo sirven para los agricultores.

Un programa costoso hoy es mejor que un programa ineficiente mañana. No obstante, no es mejor por ser más caro; lo que hay que hacer es unificar programas, buscar metodologías de prevención eficiente, mirar las alternativas de manejo de preaviso como una herramienta y no como un imposible, involucrar meteorólogos y epidemiólogos en los programas de manejo, para lograr un efecto proactivo. Hasta el presente, lo que se ha hecho en los países bananeros con problemas de pérdidas de sensibilidad, no es más que un programa reactivo, cada vez más ineficiente, contaminante y costoso.

### ALTERNATIVAS DE MANEJO FUTURO

De acuerdo a lineamientos de FRAC (Delp, 1994), los fungicidas sistemicos han sido recomendados para las épocas de mayor presión y los protectantes como acompañantes de aspersión y como alternativas de aplicación en las épocas de baja presión de enfermedad, para dar a los sistemicos tiempos libres de exposición.

La curva de progreso de enfermedad para la región de Urabá (Figura 1), sugiere que la época de mayor presión de infección se inicia en los meses de abril a mayo (semanas 15 a 18), cuando se inicia la época húmeda. En esta época se cambia el programa de fungicidas protectantes (que cubre los meses de Enero a Marzo), a fungicidas sistémicos buscando eliminar nuevas infecciones y prolongar la sanidad obtenida por efecto ambiental. Posteriormente, el programa continua en forma alterna entre protectantes y sistemicos, pues la época lluviosa se prolonga por nueve meses hasta comienzos del siguiente año.

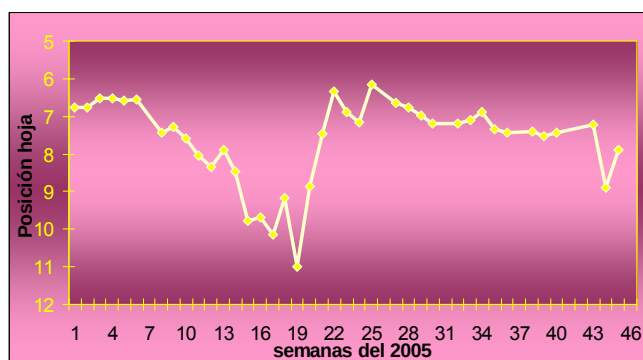


Figura 1. Ciclo de enfermedad en la región de Urabá, año 2005, expresado como hoja más joven infectada en la finca Sta Isabel

En procura de reducir el inoculo inicial que indudablemente influirá en las primeras epidemias de la semana 15 a 20, se debe efectuar una eliminación de los síntomas latentes presentes en hojas viejas, al final del período seco. Para el caso presente en la figura 1, una aplicación de fungicidas sistemicos debería realizarse preferencialmente alrededor de la semana 7 a 10, con lo cual la primera gran epidemia no tendrá la misma intensidad aunque si la misma pendiente, pero el resultado final será una hoja más joven infectada mucho menor a la que actualmente se obtiene. Esta propuesta significa aplicar sistemicos en una época en que tradicionalmente no se recomienda, pero lo cierto es que es mejor atacar al patógeno cuando más debil está. Ello representará una ampliación en el uso de fungicidas protectantes, al ocurrir menor presión de inoculo. El inoculo potencial aparecerá posteriormente y para este se deben enfilar los siguientes ciclos sistemicos, buscando que el gradiente de enfermedad sea muy inferior a como se presenta tradicionalmente. Lógicamente en el uso

de los fungicidas, es prudente conservar la recomendación de número de aspersiones y períodos libres de exposición. Pero se deben buscar mediante una reprogramación de las aplicaciones en épocas apropiadas.

Conocer la dinámica del patógeno, la dinámica de la enfermedad y su desarrollo, comprender la influencia ambiental y la interacción ambiente hospedero, es la única forma de mantener el control, preservar los agroquímicos y evitar incrementos indeseados de aplicación.

## CONCLUSIONES

Las pérdidas de sensibilidad a los fungicidas, deben evitarse mediante programas eficientes y eliminación de aquellos programas o cultivos con marcada tendencia a la ineficiencia fungicida.

El cultivo de banano en Colombia, debe reinventarse. Es mejor pensar en cosechas programadas, altas densidades de siembra, períodos libres de infección a Sigatoka y épocas de cero pérdidas de producción aún con inóculo en el campo, que continuar con los costosos e ineficientes programas actuales. Los períodos vegetativos de la especie en zonas bananeras colombianas permite pensar que una siembra renovable anualmente es tan rentable como un cultivo perenne. Ejemplos similares se pueden observar en el cultivo de plátano en zonas como Fuente de Oro (Meta-Colombia).

El personal involucrado en investigación, seguimiento y manejo de Sigatoka, debe efectuar una revisión de las pérdidas de sensibilidad, la variación que presentan algunas moléculas fungicidas a las pérdidas de sensibilidad y definir si el efecto obtenido entre moléculas afines tiene efectos de resistencia cruzada o resistencia colateral, pues el manejo en campo será distinto según la forma en que se manifiesten.

Lo máximo que el sector bananero ha avanzado en sistematización de información para manejo de criterios de Sigatoka y definición de problemas de sensibilidad, es al uso de equipos Palm para recolección de información. No obstante, información meteorológica en tiempo real, mapeación GIS de puntos con problemas de sensibilidad y comparativos con láminas de información entorno a manejo agronómico y agroquímico, son los caminos a seguir para obtener una respuesta puntual, real y efectiva en manejo.

## BIBLIOGRAFIA

1. Chin, K.M. 1987. A simple model of selection for fungicide resistance in plant pathogen populations. *Phytopathology* 77:666-669.
2. Delp, C. 1994. Fungicide Resistance in North America. *Gifap* 133 p.
3. Knight S., et al. 2002. The role of managing resistance to fungicides in maintaining the effectiveness of integrated strategies to control black leaf streak disease. *Proceedings of the 2nd International workshop on Mycosphaerella leaf spot diseases*. San José, Costa Rica, 20-23 May 2002.
4. Lepoivre P. 2002. Banana–*Mycosphaerella fijiensis* interactions in *Proceedings of the 2nd International workshop on Mycosphaerella leaf spot diseases*. San José, Costa Rica, 20-23 May 2002.
5. Mackenzie, D.R. 1978. Estimating parasite fitness. *Phytopathology* 68:9-13.
6. Mayorga, P.M.H., 1993. Control de Sigatoka Negra en las zonas bananeras colombianas. *Mem. Int. Workshop on Black Sigatoka* San José, Costa Rica, p 20-23.

## ESTRATEGIAS DE MANEJO INTEGRADO DE LA SIGATOKA NEGRA EN PLÁTANO CV. 'BARRAGANETE' (*Musa AAB*) EN EL ECUADOR

### INTEGRATED PEST MANAGEMENT OF THE BLACK SIGATOKA IN PLANTAIN CV. 'BARRAGANETE' (*Musa AAB*) IN ECUADOR

Danilo Vera Coello<sup>1</sup>; Carmen Suárez-Capello<sup>2</sup> & Carlos Belezaca Pinargote<sup>3</sup>

#### RESUMEN

El cultivo del plátano es atacado por varias plagas y enfermedades, siendo Sigatoka Negra (*Mycosphaerella fijiensis*) el principal problema foliar. Prácticas de Manejo Integrado de Plagas y Enfermedades se encuentran en evaluación en la principal región platanera del Ecuador (45000 has. en monocultivo), bajo diferentes estrategias de manejo de cultivo. En este caso, rehabilitación de plantaciones que han tenido pobre manejo por más de 20 años. Un ensayo fue establecido en función de testar cuatro tratamientos: 1) El paquete tecnológico recomendado por las compañías exportadoras, como aplicado por algunos agricultores locales. 2) Manejo Integrado del cultivo con fungicidas (IPM + F); 3) Manejo Integrado del cultivo sin fungicidas (IPM – F) y, 4) manejo tradicional del agricultor. Fueron usadas parcelas de 1500 m<sup>2</sup>, con un diseño de bloques completos al azar, con 4 repeticiones. Después de tres ciclos de producción, los tratamientos con IPM presentaron el valor más bajo de AUDPC, los otros tratamientos no se diferenciaron entre ellos, ofreciendo más beneficios para los agricultores y la ecología del área productiva.

Palabras Clave: Musáceas, plátano, Manejo Integrado, Sigatoka negra.

#### SUMMARY

The plantain crop is attacked by several pests, been the Black Sigatoka (*Mycosphaerella fijiensis*) the main foliar problem. IPM practices to control pest on plantain were in evaluation in Ecuador main plantain region (45000 ha. As a single crop), under different strategies of crop management, in this case under Rehabilitation of plantations that have been under poor management for more 20 years. A trial was established in order to test four treatments: (1) the package recommended by the exporting companies, as applied by the local farmers; (2) integrated management of the crop with fungicides (IPM + F); (3) integrated management of the crop without fungicides (IPM – F) and (4) traditional farmers' management. Large plots were used (2500m<sup>2</sup>) in a complete random block design with four repetitions. After three production cycles, the IPM treatments had the lowest AUDPC values. The two IPM treatments showed the lowest AUDPC values, The other treatments did not differ between them, bringing more benefits for the grower and the ecology of the productive area.

Keywords: Musaceae, plantain, integrated management, black sigatoka

#### INTRODUCCIÓN

El plátano cv. Barraganete (*Musa AAB*), es cultivado en la región Tropical del Ecuador, principalmente en la zona costera o Litoral. Es componente básico de la dieta diaria de agricultores, así como de una gran proporción de la población ecuatoriana. En estos últimos años, su uso como un cultivo de exportación se ha ido incrementando tanto a los países vecinos como a USA.

En la actualidad se ha establecido como un sistema de monocultivo en aproximadamente 40.000 has. de las cuales se exporta el 95% de la producción (Orellana, 2002) formando lo que se denomina como el "Cinturón platanero", donde se incluye territorio de tres provincias.

Se estima que existen 35.000 has. más de plátano, dispersas a través de la llanura costera, asociada o mezclada con café, cacao y varias otras frutas tropicales (INEC, 2002).

Sin embargo, desde el ingreso de la Sigatoka Negra al país en 1987 (Carlier, et.al., 2003) (Suárez et al., 2001), sumado a ello, la debilidad de las plantaciones ocasionadas por las erróneas prácticas de

<sup>1/</sup> Investigador Agropecuario del Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), Estación Experimental Tropical Pichilingue (EETP). E-mail: [danilovera@yahoo.es](mailto:danilovera@yahoo.es).

<sup>2/</sup> Líder Nacional del Departamento de Protección Vegetal del INIAP. P.O. Box. 24 Quevedo –Ecuador. Email [csuarez@tp.iniap-ecuador.gov.ec](mailto:csuarez@tp.iniap-ecuador.gov.ec)

<sup>3/</sup> Investigador, Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ). E-mail: [cbelezaca@yahoo.com](mailto:cbelezaca@yahoo.com).



manejo de cultivo, el mal uso de pesticidas en plantaciones que superan los 20 años de edad, con condiciones topográficas adversas y carencia de variedades resistentes, han originado serios perjuicios, generando altos costos de producción y bajos niveles de rentabilidad, obteniéndose en la mayoría de los casos rendimientos por debajo de los 500 racimos por ha. año y con pesos inferiores de 10-12 Kg./racimo )(Suárez *et al.*,2001).

En estos últimos años, el creciente interés de las compañías por exportar esta fruta, ha llevado a los productores a utilizar el paquete de agroquímicos, similar al que se usa en banano, provocando incrementos en los costos de producción. En este contexto, los objetivos planteados en esta investigación fueron los siguientes: a) Desarrollar estrategias de manejo integrado del cultivo. b) Determinar el efecto de continuas aplicaciones de prácticas sanitarias en la incidencia de Sigatoka negra en plátano.

## MATERIALES Y METODOS

La investigación se realizó en una plantación comercial de plátano cv. Barraganete de 20 años de edad, en el Km. 42 de la Vía Santo Domingo Chone. El área de estudio fue de 6000 m<sup>2</sup>, temperatura media anual de 24°C, precipitación de 2926 mm, a 260 msnm con características de Bosque Tropical Húmedo.

Los tratamientos estuvieron constituidos por cuatro niveles de manejo: 1) (Cia. Exportadora): Compañía Exportadora; incluye deshoje y manejo de la plantación como lo hace la generalidad del agricultor, consiste en la eliminación semanal de hojas con mas del 50% del área foliar necrosada; aplicación mensual de fungicidas según recomendaciones de las compañías que adquieren el plátano para exportación y que se respaldan en los programas diseñados para banano, el control de malezas con herbicida glifosato, manteniendo tantos hijos como se considere necesario, generalmente 3 o 4. 2) (MIP + F): Manejo integrado de plagas con uso de fungicidas, consistente en: Deshoje fitosanitario (únicamente se elimina área foliar afectada) y cirugía quincenal, la aplicación de fertilizantes se efectuó previo análisis de suelo, para controlar malezas se prefirió manejar cobertura del suelo bien sea con residuos de la plantación o permitiendo que malezas rastreras como la orejilla(*Geophyla macrophoda*) cubran el suelo, se mantendrá limpia la corona de la planta y en caso necesario se aplicará herbicida "finale" en áreas mas desprotegidas, se mantuvieron únicamente uno a dos hijos por planta, orientándolos para cubrir áreas vacías, durante el primer año se realizó resiembras progresivas para ocupar espacios no cubiertos con hijos dobles, acompañado de un programa de aplicación de fungicidas cada 30 o 45 días durante la época invernal. 3) ( MIP-F): Manejo Integrado de plagas, idéntico al tratamiento 2, sin uso de fungicidas, y 4) Testigo, realizando labores comunes en la zona, control mecánico de malezas una vez por año, y aplicación de herbicida con motobomba, sin deshoje ni aplicación de fungicidas.

Los cuatro tratamientos antes descritos se distribuyeron en un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones. Debido a la desuniformidad típica de la plantación, se seleccionó en un área de 50 x 30 mts., donde se aplicaron los tratamientos, dentro de los cuales se seleccionaron al azar 10 plantas jóvenes (aproximadamente dos meses de edad) para el registro de datos. Los bordes se manejaron con deshoje fitosanitario y fungicidas. Los parámetros evaluados fueron: Registro de Incidencia y Severidad de Sigatoka Negra (evaluada como el área del tejido foliar afectada, expresada en porcentaje), utilizando escala de Stover, modificada por Gaulh (1994). El Área del Progreso de la Enfermedad Bajo la Curva (AUDPC), que cuantifica la enfermedad en el tiempo, dado por la fórmula de Shaner & Finney.(1977):

$$AUDPC = \left( \sum_{i=1}^n [(Y_{i+1} + Y_i) / 2] [t_{i+1} - t_1] \right) / \Delta t$$

donde:

N= Número de evaluaciones;

Yi= Proporción de la enfermedad en la "i"-ésima observación;

Ti= Tiempo de la "i" –ésima observación, en días y

Δt= duración de la epidemia

Cuadro 1. Área bajo la Curva de Progreso de la Enfermedad de Sigatoka negra ocasionada por *M. fijiensis* en plátano Barraganete común, durante tres años. Ensayo Rehabilitación de Plataneras, INIAP – IPM/CRSP. El Carmen 2002.

| TRATAMIENTOS           | AÑOS       |            |            |
|------------------------|------------|------------|------------|
|                        | 2000       | 2001       | 2002       |
| 1.Comp. Exportadora    | 11308,30 a | 8099,20 b  | 10858,40 a |
| 2. MIP + Fungicidas    | 10878,30 a | 7375,00 a  | 9488,90 b  |
| 3. MIP - Fungicidas    | 11127,90 a | 7542,30 ab | 9741,10 b  |
| 4.Testigo (agricultor) | 12591,40 b | 9017,70 c  | 11348,60 a |
| CV %                   | 2,85       | 3,29       | 4,95       |

Valores seguidos de una misma letra en cada columna no difieren estadísticamente. Test de Duncan ( $\alpha = 0,05$ ).

## CONCLUSIONES

1. El paquete de manejo recomendado para el cultivo del banano en Ecuador, no se adapta al plátano, el cual precisa de recomendaciones propias.
2. Un adecuado control de la Sigatoka Negra en plátano cv. Barraganete, puede ser logrado mediante el uso de técnicas de manejo integrado, siendo visible estas diferencias en el primer año de aplicación del MIPE, acentuándose en los siguientes años.
3. Si bien es cierto, la aplicación de fungicidas no tuvo el efecto esperado, esta podría tener un mayor efecto reduciendo la frecuencia de las aplicaciones.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue realizado como parte del Proyecto: Integrated Pest Management Collaborative Research Support Program (IPM/CRSP), financiado por la USAID (No. LAG-G-00-93-00053-00).

## BIBLIOGRAFÍA

1. Carlier, J., Foure, E., Gaulh, F., Jones, R., Mourichon, X. and Romero, R. 2000. Black leaf streak *In* Diseases of banana, abaca and enset. D.R. Jones, ed. Wallingford, UK.
2. Gauhl, F. 1994. Epidemiology and ecology of black sigatoka (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) on plantain and banana (*Musa spp.*) in Costa Rica, América Central, Inibap. Montpellier, France..
3. Rosado, V. 1992. *In* Memorias del Seminario Internacional sobre "La producción de las bananeras del Ecuador: Algunas bases y maneras para mejorar. Guayaquil – Ecuador. Pp. 93 – 107.
4. Orellana, J., Unda, J. 2002. Estudio de comercialización de plátano en la zona norte de trópico húmedo ecuatoriano. Quito, EC. INIAP. Miscelánea N° 110. 105 p.
5. Shaner, G. & Finney, R. 1977. The effect of nitrogen fertilization on the expression of slow-mildewing resistance in Knox *Phytopathology* 67 : 1051-1056.
6. Suárez, C. ; Vera, D. ; Norton, G ; Triviño, C.; Flowers, W.; Solis, k. Manejo 2001. Practicas de manejo Integrado en plátano cv. barraganete *In* IPM/CRSP Eighth Annual Report 2000 - 2001. EE.UU. Pp. 381 – 390.
7. Suárez, C.; Carranza, I.; Cedeño, J.; Williams, R. ; Ellis, M.; Alwang, J. ; Norton, G. ; Flowers, W.; Triviño, C.; Solis, K.; Vera, D.; Belezaca, C.; Delgado, R. 2002. Practicas de manejo Integrado en plátano cv. barraganete. *In* IPM/CRSP Ninth Annual Report 2001 – 2002. EE. UU. Pp 303 – 310.

## **EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE MANEJO PARA DISMINUIR LA INCIDENCIA Y SEVERIDAD DE SIGATOKA NEGRA (*Mycosphaerella fijiensis* MORELET), EN PEQUEÑOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DEL ESTADO YARACUY, VENEZUELA**

## **EVALUATION OF ALTERNATIVES OF HANDLING TO DIMINISH THE INCIDENCE AND SEVERITY OF BLACK SIGATOKA (*Mycosphaerella fijiensis* MORELET), IN LITTLE SYSTEMS OF PRODUCTION IN YARACUY STATE, VENEZUELA**

Giomar Blanco<sup>1</sup>; Julitt Hernández<sup>1</sup>; Gustavo Martínez<sup>2</sup>; Alexis Pérez<sup>1</sup> & Edward Manzanilla<sup>2</sup>

### **RESUMEN**

Con el propósito de evaluar alternativas de manejo para disminuir la incidencia y severidad de sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet), en pequeños sistemas de producción, se establecieron bajo un diseño de bloques al azar con tres repeticiones, plantas provenientes de cormos sometidas a: T1: raspado y desinfección de semilla, fertilización de acuerdo al análisis de suelo, deshoje y deshoje fitosanitario, sembradas a doble hilera intercalada 3x3x1m; T2: Igual al T1 pero siembra en cuadrado 3x3m; T3: sin raspado ni desinfección de semillas, ni deshoje ni deshoje, fertilizadas como en T1, y T4: como T3 pero fertilizadas con nitrógeno y siembra en cuadrado 3x3m. Se evaluó la posición de la hoja más joven enferma (HMJE), número de hojas totales (NHT) y promedio ponderado de infección (PPI) y los parámetros fenológicos y de producción. Los análisis arrojaron diferencias significativas entre tratamientos para HMJE y NHT, pero no para PPI. Plantas T1, T2 y T3 mostraron mayores valores de NTH y HMJM, comparado con T4, el cual tendió a presentar un mayor PPI. Sin embargo, T3 mostró mayor precocidad en la floración y en cosecha comparado con el resto de los tratamientos. No se detectó diferencias significativas para peso del racimo y número de dedos totales por racimo, pero con el sistema de doble hilera intercalada 3x3x1 se obtuvo mayores rendimientos comparados con el sistema de siembra tradicional. Los resultados parecen indicar que la fertilización es un factor importante en la reducción de la incidencia y severidad de la sigatoka negra; sin embargo, la alta densidad determinó acortamiento de la fase vegetativa y mayores rendimientos/ha en este cultivo.

Palabras claves: Densidad de siembra, Fertilización, *Musa* AAB, *Mycosphaerella fijiensis*, producción.

### **SUMMARY**

Alternatives to diminish the incidence and severity of black sigatoka (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet), were evaluated. To this purpose, under a completely randomized blocks experimental design, with three replications, plants of plantain were treated with T1: scraped and disinfection of corms, fertilization in agreement to the analysis of soil, cut of shoot and falling of leaves, seeding to double put in row 3x3x1m; T2: Equal to the T1 but sowing in square 3x3m; T3: without scraped neither disinfection of corms, nor falling of leaves nor cut of shoot, fertilized how in T1, and T4: equal to T3 but fertilized with nitrogen and it seeds in square 3x3m. The most young leaf with (HMJE), number of total leaves (NHT) and average weighed of infection (PPI) and the phenologics and production parameters. Significant differences were obtained between treatments for HMJE and NHT, but it does not difference to PPI. Plants T1, T2 and T3 showed greater values of NTH and HMJM, compared with T4, which did it tend to present the greatest PPI. T3 presented the greatest precocious in flowering and harvest compared with the rest of the treatments. Significant difference were not fined for weight of the cluster and number of total fingers by cluster, but with the system of double put in row 3x3x1 obtained greater yields compared with the system of traditional sowing. The results seem to indicate that fertilization is an important factor in reduction of the incidence and severity of sigatoka black; nevertheless, the high densities reduce the duration of the vegetative phase and increase the yield in this culture.

Key words: Fertilization, *Musa* AAB, *Mycosphaerella fijiensis*, production, sowing densities

<sup>1,2</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas.

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas del Estado Yaracuy. km. 3, Sector La Ermita, Vía Aeropuerto Las Flores, municipio Cocorote, estado Yaracuy, Venezuela.

<sup>2</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas del Estado Aragua. Av. Universidad, vía El limón, Maracay, estado Aragua, [gblanco@inia.gov.ve](mailto:gblanco@inia.gov.ve).

## INTRODUCCIÓN

La sigatoka negra causada por el hongo *Mycosphaerella fijiensis*, amenaza, a nivel mundial, la industria platanera y bananera. Su control es difícil y costoso debido a la gran producción de ascósporas de este patógeno, y esporulación por el envés de la hoja, requiriendo ciclos de aspersión muy cortos y elevadas dosis de productos para su control (Ordosgoitti, 1999). En países centroamericanos, muchas empresas transnacionales y otras, han realizado investigaciones principalmente en banano con fines de exportación, y en condiciones climáticas y culturales diferentes a las de Venezuela; cuyas tecnologías generadas difícilmente podrían ser adoptadas por pequeños productores, por el alto costo que implican. Si le adicionamos los problemas de resistencia a fungicidas que ha presentado este patógeno, y el inminente retiro del mercado de algunos productos, es claro que el panorama es difícil (Miranda y Elkins, 1997).

En Venezuela para el año 1998 existían 73.606 hectáreas sembradas con plátano, mantenido en algunas regiones como cultivo de subsistencia, con un 80% de las parcelas con un tamaño menor de 10 ha, y su explotación netamente comercial. La sigatoka negra, es considerada como factor crítico relevante en este cultivo, y ha ocasionado las mayores pérdidas en las plantaciones de plátano desde su aparición en el año 1991; disminuyendo su capacidad productiva afectando sobretudo a pequeños productores (Nava, 1997).

Esta enfermedad fue detectada en el estado Yaracuy en el año 1994, afectando seriamente al sector; y en el caso particular del municipio Veroes, principal zona productora del Estado, algunos productores cambiaron hacia otros rubros y la mayoría han permanecido causando poca o ninguna perturbación al ecosistema, ya que prácticamente la aplicación de productos químicos y de fertilización en el sistema de producción de plátano es nula, por lo que se plantea como alternativa convivir con la enfermedad. Hasta ahora los factores que afectan al cultivo se han investigado en forma aislada, sin considerar las interrelaciones entre ellos; se requiere de manera prioritaria abordar la filosofía del manejo integrado de la sigatoka negra en pequeños sistemas de producción (menos de 5 ha) tomando en consideración, el uso racional de agroquímicos, prácticas culturales como el deshoje, control de malezas de forma eficiente para evitar interferencia con el cultivo, además de un eficiente programa de fertilización, distribución espacial y densidad de siembra, pero las experiencias en el país al respecto son escasas (Hernández y col., 1997).

La fertilización en plátano en Venezuela, es aplicada por los productores, pero muchas veces en forma irregular, tanto en períodos como en dosis (Navas, 1997). Además, la mayoría de las recomendaciones en este rubro son el resultado de experiencias en banano (Trujillo, 1975); es común considerar que las recomendaciones generadas en investigación en banano se pueden utilizar en plátano (Espinosa *et al.* (2005, año de consulta)). Esta percepción es particularmente cierta en el manejo de la nutrición. Sin embargo, existen grandes diferencias en este aspecto que se explican principalmente por el potencial de rendimiento de cada una de estas especies; las mismas son atribuidas a la respuesta de los factores de rendimiento y producción del plátano y del banano. En banano, el incremento en fertilidad del suelo no solamente incrementa el peso de la fruta sino que también incrementa el número de manos por racimo y el número de dedos por mano. En plátano solo se observa incremento en el peso de los dedos y los cambios en el número de manos por racimo y número de dedos por mano son muy pequeños, señalando además, que en estudios realizados en Colombia, se obtuvo que el plátano requiere de 210 a 280 kg de  $K_2O$ /ha, mientras que el banano requiere de 600 a 700.

Por otra parte, la distancia de siembra, es uno de los factores que influyen sobre los rendimientos y la calidad de la producción, así como en la secuencia de las cosechas y vida útil de las plantaciones; se cree que con el uso de un arreglo espacial y una densidad de siembra conveniente, se puede evitar un microclima que incremente la incidencia de la sigatoka negra e inclusive en la ruptura relativa del ciclo de la enfermedad (Belalcázar, 1991). En el país, las distancias de siembra más comunes son 3,0x3,5 m y 3,0x3,0 m en cuadrado o trebolillo; lográndose incrementar hasta 15% con este último arreglo espacial (Guzmán, 1990).

Se conoce que los requerimientos nutricionales del plátano cultivado en altas densidades son obviamente mayores comparados con sistemas de siembra convencionales y que el aumento en la densidad puede influir sobre el desarrollo del cultivo. Se ha demostrado que el aumento en la densidad de siembra de 1666, 3332 a 5000 alargó la duración del ciclo del cultivo, disminuyendo el peso por racimo, pero produjo mayor rendimiento debido a un mayor número de plantas, y extrae del suelo cantidades también más altas de nutrientes que deben ser repuestas para sostener los rendimientos, aun en los suelos de fertilidad natural alta (Belalcázar (2005, año de consulta)).

Sin embargo, en forma general, son escasos los estudios de plátano realizados en pequeños sistemas de producción; igualmente, el efecto de cada uno de los factores antes mencionados sobre la sigatoka negra ha sido poco investigado y es necesario generar tecnologías más económicas y sostenibles. Por esta razón, se planteó la evaluación de alternativas de manejo para disminuir la incidencia y severidad de sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet), en pequeños sistemas de producción del estado Yaracuy, Venezuela.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se llevó a cabo en el Asentamiento Campesino Macagua-Jurimiquire del municipio Veroes, estado Yaracuy, ubicado aproximadamente en las coordenadas geográficas NI: 152.500-NI: 155.500, E: 538.700-E: 542.000; latitud 10° 21' 45"; a 144 msnm; con una precipitación promedio anual de 1541,0 mm, temperatura máxima 29 °C y mínima 21,2 °C y humedad relativa del 78% (Fundación Polar, Danac, 2000); con suelos de textura franco arenosa, con contenidos de potasio medio, fósforo y materia orgánica bajo, pH 8,1 calcio alto y conductividad eléctrica baja, según los análisis de suelo realizados por el INIA-Yaracuy.

Se seleccionaron hijos plátano (*Musa* AAB cv. Plátano Hartón), los cuales fueron sembrados bajo un diseño experimental de boques al azar con tres repeticiones y tres plantas como unidad experimental, y sometidos a los siguientes tratamientos: T1: raspado y desinfección de semilla, fertilización de acuerdo al análisis de suelo, deshoje y deshoje fitosanitario, sembradas a doble hilera intercalada 3x3x1m; T2: Igual al T1, pero siembra en cuadrado 3x3m; T3: sin raspado ni desinfección de semillas, ni deshoje ni deshoje, fertilizadas en base al análisis de suelo y siembra en doble hilera intercalada 3x3x1m y T4 (testigo productor): sin raspado ni desinfección de semillas, ni deshoje ni deshoje, fertilizadas con nitrógeno y siembra en cuadrado 3x3m. La desinfección se realizó con una mezcla de oxiclورو de cobre + carbofuran (500 g y 250 g/200 l de agua, respectivamente), por inmersión durante 1 min.

A partir del segundo mes después de la siembra se iniciaron las evaluaciones semanales sobre la incidencia de la sigatoka negra, registrándose el número total de hojas (NTH), posición de la hoja más joven enferma (HMJE) y promedio ponderado de infestación (PPI) (INIBAP/IPGRI/PROMUSA, 1998). Además, se registró fecha de inicio de floración y cosecha, el número de dedos totales por racimo (NDT) y el peso promedio del racimo (PP).

Luego de comprobar la normalidad de las variables evaluadas, se realizó el análisis de varianza paramétrica o no paramétrica (Fredman) según el caso; y donde se detectaron diferencias significativas ( $P > 0,05$ ) entre los tratamientos, se procedió a realizar prueba de Tukey para la comparación de medias vía paramétrica o comparaciones de medias múltiples para los análisis vía no paramétrica. Todo este procedimiento se realizó mediante el programa Statistix.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1 se representan el número de hojas totales (NHT), la posición de la hoja más joven enferma (HMJE) y el promedio ponderado de infección (PPI) en plantas sometidas a diferentes condiciones de manejo. Los resultados de los análisis estadísticos arrojaron diferencias significativas entre los tratamientos a partir de la semana catorce después de iniciadas las evaluaciones (aproximadamente 5 ½ meses después de la siembra) para las variables NHT y HMJE. Se puede observar que las plantas sembradas en cuadrado 3x3 m y fertilizadas con sólo una dosis de nitrógeno (T4, Testigo), presentaron un menor NHT y una menor HMJE, lo que indica un mayor avance de la enfermedad en este tratamiento y un menor número de hojas disponibles para realizar fotosíntesis y producir fotoasimilados necesarios para el crecimiento de la planta y el llenado del racimo. Esto no coincide con lo señalado por Gómez *et al* (2004), al usar diferentes densidades de siembra, quienes señalan que a menor densidad de planta en número de hojas es mayor, no encontrando diferencias significativas en la severidad de la enfermedad al momento de la floración, y esta diferencia en los resultados pudieran estar relacionado al mayor efecto de la fertilización dentro de este tratamiento sobre estas variables comparados la densidad de plantas, y esto se ve reforzado por el comportamiento observado en las plantas de T1, T2 y T3 las cuales tuvieron un comportamiento similar entre ellas, para estas variables; observándose sólo una ligera tendencia del T2 en presentar un mayor NHT y una mayor HMJE, por lo que estos resultados podrían estar indicando que las diferencias encontradas entre el T4 y el resto de los tratamientos en cuanto a estas variables, están determinadas por la diferencia en la fertilización aplicada, ya que al compararse los tratamientos que tuvieron la misma fertilización pero con sistemas de siembras diferentes (T1 y T2) y aquellos



tratamiento con deshoje fitosanitario (T1) y sin deshoje fitosanitario, pero con la misma condición de fertilización y distancia de siembra (T3), no se obtuvo diferencias entre los tratamientos, lo que descarta la influencia determinante de estos tratamientos. De igual forma, y aunque no se encontró diferencias significativas entre los tratamientos, se observa una ligera tendencia de las plantas del T4 a presentar un mayor PPI comparado con los tratamientos restantes.

Con respecto a las variables fenológicas y de producción, en el Cuadro 1 se muestra la edad de inicio del período de floración y de cosecha en plantas de plátano sometidas a diferentes manejos. Se puede observar, que las plantas sembradas en alta densidad acortaron la duración de su fase vegetativa en aproximadamente un 12% del menor valor alcanzado por plantas sembradas en cuadrado 3x3 m (T2) y en un 15 % comparado con el testigo. Esto no coincide con lo reportado por Gómez *et al* (2004), quienes señalan no haber encontrado efecto de la densidad de siembra sobre la duración del periodo siembra- floración y siembra-cosecha. También estos resultados difiere de lo señalado por Belalcázar (1991) señala que pudiera establecerse una relación directa entre la densidad correspondiente y el período de floración, ya que la duración del ciclo vegetativo se incrementa paulatinamente con el aumento de la población, lo que es corroborado por Valencia *et al* (1994) quienes reportan sobre 'Dominico Hartón', que el periodo entre siembra y floración es menor en plantas sembradas a una distancia de 3x3 m (13 meses), comparadas con las sembradas a 3x2 m (un poco más de 14 meses). Sin embargo, cuando comparamos los resultados obtenidos (Cuadro 1) observamos que a pesar de que las plantas T1, T2 y T3 recibieron la misma fertilización basada en la recomendación del análisis de suelo, aquellas sembradas en mayores densidades fueron la que mostraron más precocidad para llegar a la fase reproductiva, lo que pudiera deberse a una condición de estrés por el menor espacio para el desarrollo de la planta. Ahora bien, cuando observamos la respuesta dada por las plantas T4, donde los días a floración fue mayor comparado con los tratamientos restantes, se podría pensar en la posibilidad de que este comportamiento estuvo determinado por la ausencia de las cantidades de K necesarias para llegar a la fase reproductiva.

Con respecto al número de días a cosecha, similar a lo observado con el número de días a floración, el T3 mostró mayor precocidad en alcanzar el periodo de cosecha, mientras el T4 fue el que presentó mayor retardo en llegar a esta fase. Además del posible efecto de la fertilización sobre este comportamiento se podría pensar en la posibilidad de que la mayor incidencia y severidad de la enfermedad observada en este tratamiento haya influido en forma indirecta sobre el buen llenado de los frutos, debido a que se esperaba que con una mayor incidencia de sigatoka hubiese un área foliar más afectada y el proceso fotosintético afectado. Sin embargo, al analizar los resultados obtenidos para peso de racimo y número de dedos totales por racimo, los análisis estadísticos no arrojaron diferencias significativas entre los tratamientos, aunque se evidenció una ligera tendencia del T2 en presentar un mayor número de dedos totales por racimo. Sin embargo, en las variables de rendimiento si se detectaron diferencias entre los tratamientos, observándose que plantas sembradas con densidades altas presentaron mayor rendimiento por hectárea, evidenciado tanto en toneladas por hectárea como en número de dedos por ha.

## CONCLUSIONES

A partir de los resultados obtenidos se puede concluir que el efecto de la fertilización sobre la incidencia y severidad de la sigatoka negra, fue más determinante que la distancia de siembra utilizada. Sin embargo, el uso de altas densidades parece acortar la duración de la fase vegetativa de este cultivo, llegando más rápidamente a la fase productiva, el cual es un aspecto de mucho interés para el productor, por lo que se recomienda para estos pequeños sistemas de producción la siembra a la densidad de doble hilera intercalada 3x3x1, en sustitución del tradicional cuadrado 3x3, pero con prácticas de manejo que impliquen un buen deshoje fitosanitario y una fertilización acorde con los requerimientos del cultivo y a la disponibilidad de elementos en el suelo.

## AGRADECIMIENTO

Nuestro más sincero agradecimiento al Sr. Domingo Aguilar, dueño de la parcela donde se llevó a cabo este experimento por su valiosa colaboración; igualmente a la Alcaldía del Municipio Veroes, al Núcleo de Extensión Agrícola de Veroes (CIARA) y al INIA Yaracuy, por el financiamiento otorgado para la ejecución del mismo.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Belalcázar C., S.; 2000. Altas densidades de siembra en plátano, una alternativa rentable y sostenible de producción. VII Congreso Nacional de Frutales. Memorias Conferencias. Táchira. p: 35-42.

2. Belalcázar C.; S. 1991. El cultivo del plátano en el trópico. Manual de asistencia técnica N° 50. INIBAP. ICA. Colombia. 376 p.
3. Belalcázar C.; S. 2005 (año de consulta). Cultivo del plátano en altas densidades, una nueva opción. CORPOICA, programa de banano y plátano. A. A 1069, Armenia, Colombia. [http://www.ppi-far.org/ppiweb/ltamn.nsf/87cb8a98bf72572b8525693e0053ea70/446048db9edf1f4a05256a5300598093/\\$FILE/Cultivo%20del%20pl%C3%A1tano%20en%20altas%20densidades.pdf](http://www.ppi-far.org/ppiweb/ltamn.nsf/87cb8a98bf72572b8525693e0053ea70/446048db9edf1f4a05256a5300598093/$FILE/Cultivo%20del%20pl%C3%A1tano%20en%20altas%20densidades.pdf). 3 p
4. Espinosa, J. S. Belalcázar, A. Chacón y D. Suárez. fertilización del plátano en densidades altas. Instituto de la Potasa y el Fósforo, INPOFOS y Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, CORPOICA. [http://www.ppi-far.org/ppiweb/ltamn.nsf/87cb8a98bf72572b8525693e0053ea70/e05e9731921a6d2205256a630073ae5b/\\$FILE/Fertilizaci%C3%B3n%20del%20pl%C3%A1tano.pdf](http://www.ppi-far.org/ppiweb/ltamn.nsf/87cb8a98bf72572b8525693e0053ea70/e05e9731921a6d2205256a630073ae5b/$FILE/Fertilizaci%C3%B3n%20del%20pl%C3%A1tano.pdf). 9 p
5. Fundación Polar-DANAC; Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables. 2000. Resumen Climatológico, medias mensuales. Convenio DANAC- MARNR para recopilar, procesar y generar información agroclimatológica en la Estación Naranjal, Marín. (Yaracuy, Venezuela). 3 p.
6. Guzmán, P., J. E. 1990. El cultivo del banano y el plátano. Espasandes S. R. L. Editores. Ven. ISBN 980 254 040 4.
7. Hernández, J.; A. Ordosgoitti; J. Morillo. 1997. La Sigatoka negra de bananos y plátanos en los estados Yaracuy y Carabobo: I Síntomas y pérdidas. FONAIAP Divulga (56):9-13.
8. INIBAP/IPGRI/PROMUSA. 1998. Guías Técnicas INIBAP 3. Evaluación de la resistencia de los bananos a las enfermedades de sigatoka y marchitamiento por *Fusarium*. Eds. Gisella Orjeda *et al.* 62 p.
9. Miranda, J. y B. Elkins. 1997. Evaluación de microorganismos antagonistas al hongo *Mycosphaerella fijiensis* (Morelet), colocados en el exterior de la planta de banano. En Memoria Primer Taller Internacional sobre Control Biológico y Producción Integrada en el Cultivo del Banano. Noviembre. 1997. Editor. J. I Luconi. Earth, Costa Rica. p:140-154.
10. Nava C. 1997. El plátano, su cultivo en Venezuela. ISBN 980-296-559-6. Impreso en Ediciones Astro Data S.A. (Maracaibo-Venezuela). 135 p.
11. Ordosgoitti F., A. 1999. Enfermedades del banano y el plátano en Venezuela. Medidas de control. Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Serie B, N° 37. Maracay, Venezuela. 71 p.
12. Trujillo, de L., A. 1975. Resultados preliminares sobre fertilización en plátano (*Musa AAB cv. Hartón*). Trabajo de Ascenso, categoría Asistente. Universidad Central de Venezuela, Facultad de Agronomía, Maracay. 96 p.
13. Valencia M., J.A.; S. Belalcázar C. y M. I., Arcila P. 1994. Efecto de la distancia de siembra y del número de colinos por unidad productiva, sobre los componentes del crecimiento y la producción del clon de plátano Dominico Hartón, *Musa AAB* Simmonds. En: Mejoramiento de la producción del cultivo del plátano. Segundo Informe Técnico 1984-1994. Regional Nueve ICA-CORPOICA, CRECED Quindío, Armenia. p: 118-128.

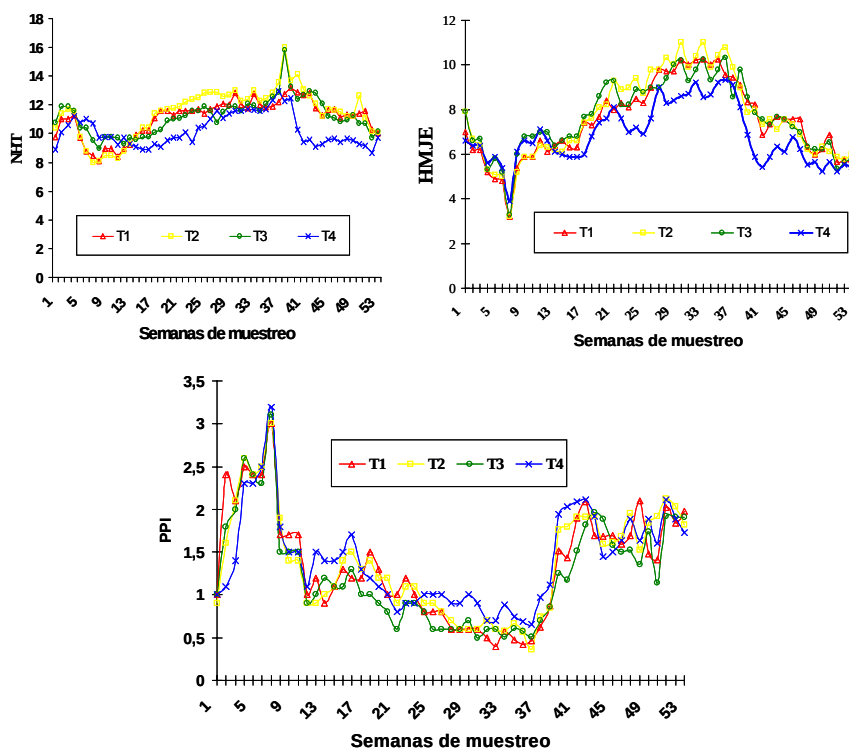


Figura. 1. Número de hojas totales (NHT), la posición de la hoja más joven enferma (HMJE) y el promedio ponderado de infección (PPI) en plantas de 'Plátano Hartón' sometidas a diferentes condiciones de manejo.

Cuadro 1. Días a floración y a cosecha, peso del racimo, número de dedos totales por racimo y rendimiento en plantas de plátano (Musa AAB cv. Plátano Hartón) sometidas a diferentes condiciones de manejo.

| Tratamiento | Días a floración (dds) | Días a cosecha (dds) | Peso del racimo (kg) | Número de dedos totales por racimo | Rendimiento |                    |
|-------------|------------------------|----------------------|----------------------|------------------------------------|-------------|--------------------|
|             |                        |                      |                      |                                    | ton/ha      | Número de dedos/ha |
| 1           | 253 ab                 | 351 b                | 10,97                | 33                                 | 29,14a      | 88.101a            |
| 2           | 266 b                  | 351 b                | 10,90                | 36                                 | 12,11b      | 39.996b            |
| 3           | 232 a                  | 317 a                | 11,91                | 31                                 | 31,80a      | 82.762a            |
| 4           | 274 b                  | 372 c                | 11,37                | 30                                 | 12,63b      | 33.330b            |

Análisis estadísticos con un  $\alpha = 0.05$ .

**INDUCCION DE FITOALEXINAS EN HOJAS DE BANANO CON VARIOS AGROQUÍMICOS****PHYTOALEXIN INDUCTION IN BANANA LEAVES WITH SEVERAL AGROCHEMICALS**

Fernando Echeverri<sup>1</sup>; Fernando Torres<sup>1</sup>; Rodrigo Pineda<sup>2</sup> & Sandra Zuleta<sup>2</sup>

**RESUMEN**

Las fitoalexinas son antibióticos naturales producidos en plantas por ataque microbiano. En hojas y rizomas de banano se han detectado fitoalexinas del tipo fenilfenalenonas, las cuales tienen una alta actividad fungicida; adicionalmente se ha establecido una correlación entre la presencia/ausencia de fitoalexinas y la resistencia/susceptibilidad contra la Sigatoka Negra y el Mal de Panamá. Sin embargo, la producción de fitoalexinas puede ser inducida en plantas por la aplicación de sustancias naturales y sintéticas. Así, se pueden alcanzar altos niveles de sustancias antibióticas en un tiempo y en un sitio específico de la planta para prevenir el ataque microbiano. Esos compuestos podrían ser un mecanismo adicional de defensa de las plantas contra microorganismos patógenos. En este artículo reportamos la elicitación de varias fitoalexinas fenalenónicas en hojas de banano var. Cavendish con varios productos agroquímicos que contienen calcio, magnesio y quitosano.

Palabras Clave: *Musa*; metabolitos secundarios; fenalenona; fungicidas; protectantes.

**SUMMARY**

Phytoalexin are natural antibiotics produced in plants under microbial attack. In leaves and rhizomes of banana, several phenylphenalenone-type phytoalexin have been detected; these compounds possess fungicide activity. Additionally, a correlation between the presence/absence of phytoalexins and resistance/susceptibility to Black Sigatoka and Panamá Disease have been established. However, phytoalexin production can be induced in plants by application of natural synthetic compounds. So, high concentrations of antibiotics are synthesized in a time and in an specific place of the plant to prevent the microbial attack. Those compounds could be an additional mechanism of defense against pathogen microorganisms. In this paper we report the elicitation of several phenalenone phytoalexin in banana leaves var. Cavendish with several agrochemical products containing calcium, magnesium and chitosan.

Keyword: *Musa*; secondary metabolites; fungicides, protectants

**INTRODUCCIÓN.**

Las fitoalexinas son sustancias producidas por las plantas como consecuencia del ataque de microorganismos, especialmente hongos (Hammerschmidt, 1999; Mansfield, 2000). Estas moléculas poseen una intensa actividad antibiótica y se consideran como el punto de partida de una nueva generación de fungicidas, bien sea aplicándolas como tales o induciendo su generación a través de la aplicación de elicitores (Ebel, 1998), es decir, sustancias que inducen la producción de fitoalexinas. La inducción o elicitación de metabolitos secundarios es una alternativa mediante la cual la planta se adapta a un estrés físico, bioquímico o microbiano (Zhao *et al.* 2005). De esta manera la planta adquiere nuevas defensas químicas contra un posible patógeno, actuando de manera similar a como lo hace una vacuna en los mamíferos.

Los principales inductores de fitoalexinas son del tipo carbohidratos cuya síntesis es compleja y relativamente costosa, con lo cual su posible aplicabilidad es muy reducida. Anteriormente se analizaron los efectos inductores de varios aminoazúcares como la kanamicina y la gentamicina en hojas de banano (Luis *et al.* 1993), pero estos tienen más aplicación en la salud humana. Por tal razón es necesario buscar otras sustancias menos complejas e igualmente efectivas en la inducción de fitoalexinas, ya que en el caso del banano estas sustancias y algunos derivados tienen una alta actividad contra la Sigatoka Negra (Echeverri *et al.* 2000; Luis *et al.* 2000).

<sup>1</sup> Profesores Universidad de Antioquia, Sede de Investigación Universitaria, Torre 2, Lab. 234. E-mail: [echeverri@quimbaya.udea.edu.co](mailto:echeverri@quimbaya.udea.edu.co); [ltorres@matematicas.udea.edu.co](mailto:ltorres@matematicas.udea.edu.co).

<sup>2</sup> Estudiantes Instituto de Química, Universidad de Antioquia, Medellín-Colombia

En este trabajo se reporta la inducción de fitoalexinas en hojas de banano var. Cavendish con varios agroquímicos, ya que esta metodología ofrece una interesante perspectiva para proteger cultivos mediante la aplicación de sustancias no biocidas.

## MATERIALES Y METODOS.

La inducción se llevó a cabo en el vivero "Selva Húmeda" (Chigorodó, Colombia) con plántulas de 50 cms de altura. Los productos **Quitosano, Calcio y Magnesio, Alumino, Aminoácidos y Potasio** fueron suministrados por SUSTAINABLE AGRO SOLUTIONS S.A (España) y se aplicaron sobre la hoja con un rociador; transcurridas 72 horas las hojas se colectaron y se picaron con etanol. Posteriormente el solvente fue evaporado y se eliminaron las ceras, carotenos y clorofila en una columna de Sephadex LH-20, eluyendo con hexano-diclorometano-metanol 2:1:1. A continuación se colectan la fracciones ricas en fitoalexinas que son de intenso color rojo-anaranjado y luego se analizó la presencia/ausencia por cromatografía en capa fina (ccf) y HPLC. Como control se usaron hojas tratadas únicamente con agua; se hizo un curva de calibración en HPLC con estándares auténticos. Para establecer inambiguamente la posible producción de fitoalexinas, previamente se hizo una refinación de los diez y ocho extractos resultantes de los experimentos de inducción (6 ensayos por triplicado), así como de los tres extractos del control.

## RESULTADOS Y DISCUSION

### Detección de fitoalexinas.

La determinación de la presencia de fitoalexinas se hizo por cromatografía en capa fina y HPLC, comparando la presencia/ausencia de metabolitos en las fracciones previamente refinadas de las hojas tratadas con los productos, respecto a las fracciones de las hojas sin ningún tratamiento. En la figura 1 se aprecia que la concentración de tres sustancias intensamente coloreadas de Rf 0.90, 0.85 y 0.40 se incrementa notablemente por el tratamiento con los productos **Calcio, Magnesio y Quitosano**; no se detectaron compuestos nuevos o fitoalexinas en los extractos de plantas tratadas con los productos Aluminio, Aminoácidos y Potasio.



**Figura 1.** Cromatografía en capa fina de los extractos y productos ensayados

Los compuestos fueron analizados en HPLC por comparación de sus tiempos de retención, espectros ultravioleta y orden de elución respecto a los mismos parámetros obtenidos para cada uno de los tres estándares. Tanto en HPLC como en ccf se encuentra que los productos **Calcio y Magnesio** son especiales inductores de la fitoalexina 4'-hidroxianigorufona (Figura 2). Esto indica que dependiendo del potencial antibiótico de cada compuesto sería más conveniente aplicar un producto u otro para lograr el mayor efecto protector. Es de anotar que también se generan otros compuestos (o fitoalexinas) que no fueron tenidos en cuenta por considerarse minoritarios.



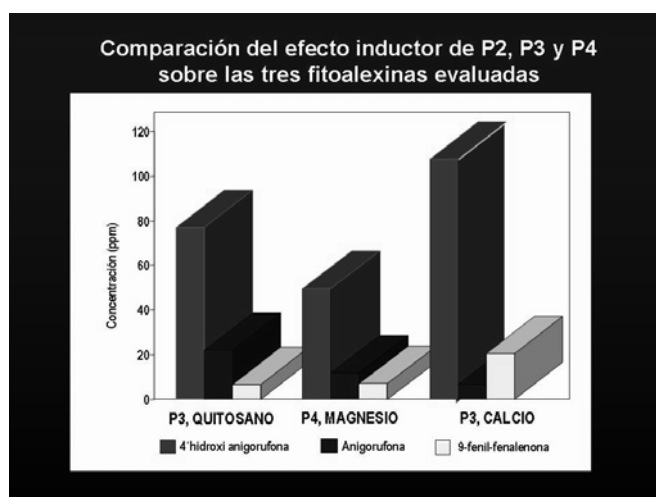


Figura 2. Efecto inductor diferencial de los productos ensayados.

**Cuantificación de Fitoalexinas.** Para determinar el potencial inductor de fitoalexinas de cada producto se hizo una curva de calibración de cada estándar, las cuales mostraron linealidad en el rango entre 10 ppm – 120 ppm. Por extrapolación de las áreas bajo la curva de cada molécula se obtiene la concentración de la misma en el extracto (Tabla 1).

Se detectó además que la 9-feril-feralenona así como la anigorufona no se encuentran en las plantas control; sin embargo la 4'-hidroxianogorufona sí es un compuesto preformado, cuya concentración aumenta dramáticamente (desde 50% hasta un 700%.) por efecto de los inductores.

|           | FITOALEXINA<br>(concentración en ppm, mg/L) |             |                 |
|-----------|---------------------------------------------|-------------|-----------------|
|           | 9-feril-feralenona                          | Anigorufona | 4OH-anigorufona |
| Control   | 4,58                                        | 4,22        | 15,42           |
| QUITOSANO | 6,83                                        | 22,01       | 77,16           |
| MAGNESIO  | 7,41                                        | 11,96       | 49,63           |
| CALCIO    | 20,83                                       | 6,86        | 107,63          |

Tabla 1. Porcentaje de Inducción de fitoalexinas

## CONCLUSIONES

Hay varias expectativas para usar las fitoalexinas en el control de microorganismos patógenos, bien sea tomarlas como plantillas para diseñar otras sustancias más activas o inducir su aplicación con agentes externos. Con esta última alternativa se posibilita su acción en el momento y en el sitio que se requieran, de acuerdo a la cinética de su producción. Los productos Calcio, Quitosano y Magnesio tienen la capacidad de inducir fitoalexinas en hojas de banano var. Cavendish. Los dos primeros tienen varias evidencias experimentales previas en cuanto a su potencial inductor (Ishihara *et al.* 1996) y en especial el quitosano es una sustancia de aplicación en campo tanto, por sus propiedades antibióticas directas como por su habilidad para elicitar mecanismo de defensa en las plantas (Rabea *et al.* 2003). De esta manera la aplicación y uso de esta clase de sustancias origina un efecto adicional protectante, ya que se inducen defensas en la planta, que pueden llegar a representar un mecanismo adicional contra microorganismos patógenos al banano como la Sibatoka Negra; además como protectantes dichos productos están exentos de los efectos biocidas asociados a los pesticidas tradicionalmente usados.

La aplicación de elicitores en vez de fitoalexinas directamente tiene varias consecuencias importantes: una vez desaparece el riesgo microbiológico cesa la aplicación del inductor, los niveles de fitoalexinas descienden y la planta recupera su bioquímica normal, lo que impide que se desarrolle

una rápida resistencia microbiana y además posibles consecuencias desagradables en las propiedades organolépticas de la planta.

Otra aplicación de las fitoalexinas se origina en el hecho de que son sustancias naturales asociadas a la resistencia de las plantas contra microorganismos patógenos (Long *et al.* 1985; Thomma *et al.* 1999); en especial en un trabajo anterior se describió una relación aparente entre la producción de fitoalexinas y la resistencia/susceptibilidad contra patógenos en bananos y plátanos (Otalvaro *et al.* 2002). Así, la respuesta de un clon o variedad hacia los productos agroquímicos estudiados en este trabajo permitirían detectar de una manera temprana materiales resistentes a Sigatoka Negra.

Para evaluar la viabilidad de estas sustancias en el campo se sugiere continuar los estudios a las dosis comerciales, para determinar las concentraciones alcanzadas y el tiempo durante el cual persiste el efecto generador de fitoalexinas.

## BIBLIOGRAFIA

1. Hammerschmidt R. 1999. Phytoalexins: what have we learned after 60 years? *Ann. Rev. Phytopathology* 37: 285–306.
2. Mansfield JW. Antimicrobial compounds and resistance: the role of phytoalexins and phytoanticipins. In: Slusarenko AJ, Fraser RSS, Loon LC, editors. *Mechanisms of Resistance to Plant Diseases*. Dordrecht: Kluwer; 2000. p. 325–370.
3. Ebel, J. 1998. Oligoglucoside elicitor-mediated activation of plant defense. *BioEssays* 20: 569–576
4. Zhao, J., Davis, L., Verpoorte, R. 2005. Elicitor signal transduction leading to production of plant secondary metabolites. *Biotechnology Advances* 23: 283–333
5. Luis, J.G., Echeverri, F., Quiñones, W., Brito, I., Lopez, M., Torres, F., Cardona, G., Aguiar, Z., Pelaez, C., Rojas, M. 1993. Irenolone and Emenolone: two new types of phytoalexin from *Musa paradisiaca*. *J. Org. Chem.* 58: 4306–4308
6. Echeverri F, Quiñones W, Escobar G, Torres F, Arango V, Rosero F. 2000. Synthesis and antifungal activity of *Musa* phytoalexins. *Molecules* 5: 974–980
7. Luis, J.G., Gonzalez, A., Quiñones, W., Echeverri, F. Patente P9402157 (España) 2000. “*Composiciones para el Tratamiento de Enfermedades de la Platanera Ocasionadas por Hongos Pertenecientes al Género Fusarium*”.
8. Rabea, E., Badawy, M., Stevens, C.V., Smagghe, G., Steurbaut, W. 2003. Chitosan as antimicrobial agent: applications and mode of action. *Biomacromolecules* 4:1457–1465.
9. Ishihara, A., Miyagawa, H., Kuwahara, Y., Ueno, T., Mayama, S. 1996. Involvement of Ca<sup>2+</sup> ion in phytoalexin induction in oat. *Plant Science* 115: 9–16.
10. Long, M., Barton-Willis, P., Staskawicz, B.J., Dahlbeck, D., Keen, N.T. 1985. Further studies on the relationship between glyceollin accumulation and the resistance of soybean leaves to *Pseudomonas syringae* pv. *glycinea*. *Phytopathology* 75: 235–239.
11. Thomma, B., Nelissen, I., Eggermont, K., Broekaert, F. 1999. Deficiency in phytoalexin production causes enhanced susceptibility of *Arabidopsis thaliana* to the fungus *Alternaria brassicola*. *Plant Journal* 19: 163–71.
12. Otalvaro, F., Schneider, B., Quiñones, W., Torres, F., Echeverri, F. 2002. Correlation between phenylphenalenone phytoalexins and phytopathological properties in *Musa*. Structure of a phenylphenalene. *Molecules* 7: 331–340.

## INDUCTION OF BANANA PLANTS AGAINST BLACK SIGATOKA IN A SEMI-COMMERCIAL SCALE

### INDUCCION DE PLANTAS DE BANANO CONTRA LA SIGATOKA NEGRA EN UNA ESCALA SEMI-COMERCIAL

Wilbert Ramclam<sup>1</sup> & Rodrigo Blanco<sup>2</sup>

#### SUMMARY

Fungicides resistance build up to Black Sigatoka (*Mycosphaerella fijiensis*) due to increased application frequency and a limited number of chemical groups continues to be a major concern. Vigor Cal Phos (VCP) is a calcium phosphite based fertilizer designed to induce resistance within plants to fungal pathogens by triggering a plant's natural defense mechanisms. A trial was initiated in January 2004 to evaluate if VCP could reduce the amount of fungicides used, while maintaining acceptable sigatoka control, by rotating VCP applications with fungicides. Vigor Cal Phos treated plants at flowering averaged 15.1 total leaves and the youngest leaf with sigatoka (YLS) been 9.7 while untreated plants averaged 13.4 total leaves and 8.8 YLS, for a total leaf improvement of 1.7 functional leaves ( $P=0.047$ ) and 1.0 YLS ( $P=0.043$ ). Bunch weight of VCP treated plants increased with time and reached 5 kg more ( $P=0.051$ ) than untreated plants. In the VCP treated samples, average functional root mass were significantly higher in 2003, 88 g and increased in 2004 and 2005 to 94g ( $P=0.057$ ). However, in the untreated control plots, the average weight of functional root declined ( $P=0.019$ ) between 2003 and 2004, from 66 g fresh roots per plant to 59 g. VCP treated blocks resulted in a 50% reduction of chemical cycles with significantly better Sigatoka management as well as a higher functional root proportion, number of leaves, and superior production.

Keywords: disease resistance, fungus, *Mycosphaerella fijiensis*

#### RESUMEN

El aumento de la resistencia de fungicidas a la Sigatoka Negra (*Mycosphaerella fijiensis*) debido al incremento de aplicaciones frecuentes y una cantidad limitada de grupos químicos continua siendo un interés de mayor causa. Vigor Cal Phos (VCP) es un fertilizante con base de fosfato de calcio diseñado a inducir resistencia a fungicidas patógenos adentro de las plantas poniendo en funcionamiento los mecanismos de defensa naturales de la planta. Un experimento fue comenzado en enero del 2004 para evaluar si VCP podía reducir la cantidad de fungicidas usados y así mismo mantener un control de sigatoka aceptable, alternando la aplicación de VCP con fungicidas. Plantas floreciendo que fueron tratadas con Vigor Cal Phos promediaron con 15.1 de hojas totales con la hoja mas joven con sigatoka (YLS) siendo 9.7 mientras Las plantas sin tratamiento promediaron 13.4 de hojas totales y 8.8 YLS proveyendo un mejoramiento de 1.7 de hojas funcionales ( $P=0.047$ ) y 1.0 YLS ( $P=0.043$ ). El peso de tallos de plantas tratadas con VCP incremento con tiempo para llegar a 5kg más ( $P=0.051$ ) que las plantas sin tratamiento. En las muestras tratadas con VCP el promedio de raíces funcionales eran significativamente mas altas en 2003; 88 g y incremento en 2004 y 2005 a 94g ( $P=0.057$ ). Al contrario, el los bloques/grupos no tratados el peso promedio de raíces funcionales decayeron ( $P=0.019$ ) entre 2003 y 2004 de 66g de raíces frescas por planta a 59g. Bloques tratados con VCP resultaron en una reducción del 50% de ciclos químicos con un mejor manejo significativo de sigatoka así mismo con una cantidad mas alta de proporciones de raíces funcionales, numero de hojas y producción superior.

#### INTRODUCTION

Banana production is challenged by poor soil dept, texture, structure, and fertility and high disease pressure instead of only low soil fertility (Stover & Simmonds, 1987). Input costs of fertilizers, fungicides and nematicide are high and are reducing profitability to the point of financial crisis for the industry. Sigatoka control is a significant and increasing expense to banana growers. The problem of

<sup>1</sup> Dept. of Nutrition and Nematodes, Banana Growers Association, Big Creek, Belize. (wramclam@yahoo.com)

<sup>2</sup> Dept. Sigatoka, Banana Growers Association, Big Creek, Belize

<sup>3</sup> A natural soybean oil at 95% integrated with emulsifiers, constituent ineffective as spray adjuvant 5%. Developed by Agro – K as a fungicide adjuvant for superior efficacy at ultra-low volumes.

resistance build up by the sigatoka pathogen to fungicides, due to increased application frequency and a limited number of chemical groups is a major concern (Jácome et al., 2003). In the ability of a plant to naturally resist the establishment and proliferation of diseases, calcium and phosphorus play critical and inherent roles (Biggs *et al.*, 1997; Marshchner, 1988; Palta, 1996). Kuc (1982) and Marshchner (1988) document that calcium and phosphorus are two most important elements that when deficient can predispose a plant to fungal and bacterial infection. Low calcium in plant increases cell membrane permeability making plants more susceptible to infection (Flores, 1999). Calcium ions also inhibit pectolytic enzymes produced by germinating fungal spores and used to penetrate the leaf surface. (Heldt, 1997; Messerli *et al.*, 2000). VCP (Vigor Cal Phos) was introduced to Belize by Agro-K Corporation in 2001. The object was to document VCP's effect on plant growth and production as well as monitor any improvement in black sigatoka management via nutrient induced resistance to the disease.

## MATERIALS AND METHODS

This experiment was conducted in 2.4 ha plot of a 129 ha farm at a semi-commercial level, with adjoining cables serving as the treated and control blocks beginning Dec 2003. Standard practices of the farms such as fertilizer and fungicide were used in both control and treated blocks. VCP was applied at different dosages during the two seasons of the year. During the dry season from March to June, a dosage of 2 L VCP and 2 L Spraytech oil<sup>1</sup> was used and 4 L VCP and 4 L oil ha<sup>-1</sup> during the rainy season that lasted from July to February. Applications of VCP were done using both standard spraying techniques of an air duster and at time with a mist blower from the ground. Taking of disease and production measurements began four months after applications started and measurements were taken and analyzed continuously to present. Aerial applied applications were made on a 7 day cycle. The control plot was sprayed on a regular 7-12 day cycle with only conventional systemic and protectant fungicides. Sigatoka data were taken at 7, 49 and 70 days where number of leaves, youngest leaf with sigatoka, and disease severity were evaluated. Root samples and counts of functional roots were taken in 2003, 2004, 2005 and 2006 from both the control areas and the VCP treated area. Nematode sampling was done between the mother and daughter plant with laboratory procedures using the blend and sieve method. A combination of Excel and Genstat analysis were carried out to obtain an adequate analysis.

## RESULTS AND DISCUSSION

**Disease Rating.** Vigor Cal Phos treated plants at flowering averaged 15.1 total leaves and the youngest leaf with sigatoka (YLS) been 9.7 while untreated plants averaged 13.4 total leaves and 8.8 YLS, for a total leaf improvement of 1.7 functional leaves ( $P=0.047$ ) and 1.0 YLS ( $P= 0.043$ ). The ability of calcium to help reduce or prevent infection comes mainly from its ability to increase cell turgor and cell wall integrity. Plants with thicker cuticles and/or greater cell turgor are less susceptible to infection and if infected, are better able to fend off infection (Figure 1). The increase leaf emission rate allows more leaves at the time of flowering and increase photosynthetic activity through to harvesting (Biggs *et al.*, 1997).

**Figure 1.** VCP treated leaf shows significantly thicker cell wall. Magnification 4,410X Photo # 1; Control (fungicide only) treated has thinner cell wall. Magnification 4,410X Photo # 2

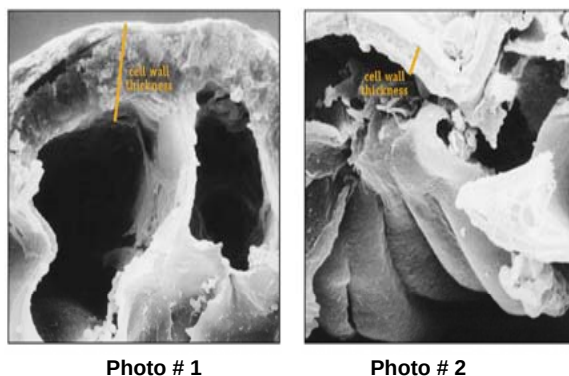


Photo # 1

Photo # 2

**Production Rating** Bunch weight of VCP treated plants increased with time and reached 5 kg more ( $P=0.051$ ) than untreated plants. Before initiation of applications the treated block showed 7-8 hands and now produces larger bunches with 8-11 hands. The amount of fingers also increases by 25% over the control plot.

**Root Health** In the VCP treated samples, average functional root mass were significantly higher in 2003, 88 g and increased in 2004 and 2005 to 94g ( $P=0.057$ ). However, in the untreated control plots, the average weight of functional root declined ( $P=0.019$ ) between 2003 and 2004, from 66 g fresh roots per plant to 59 g. The improved functional root mass in the VCP treated plants are believed to play a role in the elevated nutrient levels in Calcium and Phosphorus. Phosphorus is important for root growth. Apart from a larger and healthier root mass, the nematode populations is significantly reduced, which is currently under investigation.

VCP treated blocks resulted in a 50% reduction of chemical cycles with significantly better Sigatoka management as well as a higher functional root proportion, number of leaves, and superior production. The use of VCP in Belize clearly improved production and disease management capabilities. While some refining trial work continues, evidence of production and fruit quality was compelling.

## REFERENCES

1. Biggs, A.R. et al. 1997. Effect of calcium salts on growth, polygalacturonase activity and infection of peach fruit by *Monilinia fruticola*. Plant Digest. 81: 399-403.
2. Flores, E. 1999. La Planta: estructura y función. Vol. I y II. 2ª Edición. Editorial tecnológica De Costa Rica, Cartago, Costa Rica. 884 p.
3. Heldt, H. W. 1997. Plant Biochemistry and molecular biology. Oxford, Oxford University Press. 225 p.
4. Jácome, L., P. Lepoivre, D. Marin, R. Ortiz, R. Romero and J. V. Escalante, editors. 2003. *Mycosphaerella* leaf spot diseases of bananas: present status and outlook. INIBAP. Montpellier, France.
5. Kuc, J. 1982. Induced Immunity to Plant Disease. BioScience 32: 854-860.
6. Marschener, H. 1988. Relationship between mineral nutrition and plant diseases and pests. In "Mineral Nutrition in Higher Plants". pp 369-390. Academic Press Inc.
7. Messerli, M. A., Créton, R., Jaffe, L. F., and Robinson, K. R. (2000) Periodic increases in elongation rate precede increases in cytoplasmic  $Ca^{2+}$  during pollen tube growth. Devel. Biol. 222: 84-98.
8. Palta, J. P. 1996. Role of Calcium in Plant responses to Stresses: linking basic research to the solution of practical problems. HortScience 31(1): 51-57.



## LA PODA TEMPRANA, PRÁCTICA EN EL MANEJO INTEGRAL DE LA SIGATOKA NEGRA EN BANANO

### EARLY CUT-OFF, PRACTICE TO THE INTEGRATED MANAGEMENT OF BLACK SIGATOKA IN BANANAS

Ana María Martínez-Acosta<sup>1</sup>; Darío Antonio Castañeda-Sánchez<sup>2</sup>; Helena Bornacelly-Horta<sup>3</sup> & Víctor Merchán-Vargas<sup>4</sup>

#### RESUMEN

Se evaluó en las zonas bananeras Colombianas de Urabá y Magdalena la práctica cultural de manejo de la sigatoka negra denominada “poda temprana”, efectuada sobre las hojas 5 y 3 de la planta. La poda temprana (PT) se comparó contra la reducción mecánica de inóculo con una frecuencia semanal (RIS) y quincenal (RIQ) y como testigo el manejo dado por la finca (MF). Los resultados obtenidos mostraron una hoja adicional libre de la infección y ningún efecto negativo sobre el crecimiento y producción por efecto del área foliar eliminada. La mano de obra requerida para efectuar la labor fue mayor en los tratamientos PT y RIS, con un comportamiento estable, comparada con MF y RIQ para los cuales fue menor con mayor variabilidad según la presión de la enfermedad. El comportamiento de la enfermedad según hoja más joven manchada (HMJM) y hoja más joven infectada (HMJI) mostraron un desarrollo menor en hojas más viejas para los tratamientos PT y RIS. Con la práctica comercial de la PT sobre la hoja 3 aumentó en 30% la sanidad de la plantación, y el rendimiento de la labor debido a tal sanidad y entrenamiento en la ejecución de la labor.

**Palabras Clave:** *Mycosphaerella fijiensis*, enfermedades de las plantas, control cultural

#### SUMMARY

The “early cut”, cultural practice of the black sigatoka management; on banana leaves 3<sup>th</sup> and 5<sup>th</sup>, was evaluated in the Colombian banana areas, Urabá and Magdalena. Early cut (EC) was compared against the mechanical inoculums reduction with weekly (WIR) and every fifty day (FIR) frequency, management in the each farm was used as witness (FM). Obtained results were an infection free leaf and no negative effect on growing and yield, despite the eliminated leaf area. Required work for the labor was higher in EC and WIR treatments, with a stable behavior, in comparison with FM and FIR; which had higher variability depending on the disease press. The disease behavior, taking into account the youngest leaf spotted (YLS) and the youngest leaf infected (YLI) showed a development on the oldest leaves for EC and WIR with respect to the others. With the commercial phase of EC on the 3<sup>th</sup> leaf, sanity was increased 30% in the plantation; and the labor yield because of the crop sanity and training of the labor performance

**Keywords:** *Mycosphaerella fijiensis*, plants disease, cultural practice.

#### INTRODUCCIÓN

La sigatoka negra causada por el hongo *Mycosphaerella fijiensis* Morelet, es la principal enfermedad fungosa que afecta al banano en todo el mundo. Produce un rápido deterioro del área foliar de las plantas disminuyendo la capacidad fotosintética, con lo cual se afecta el crecimiento y la productividad, adicionalmente induce la maduración prematura de los frutos, demeritando la calidad de los mismos. Como medidas para el manejo de la enfermedad se encuentra el control químico el cual presenta dificultades, asociadas al desarrollo de resistencia por el patógeno a los principales fungicidas sistémicos. Otra medida es la reducción de inóculo mediante el despunte, deslaminado y deshoje, los cuales son métodos de defoliación abióticos que disminuyen la severidad de la sigatoka negra en forma diferencial sin afectar el peso del racimo (Calvo y Bolaños, 2001). Es de anotar que la

<sup>1</sup> Investigadora en Fisiología. Centro de Investigaciones del Banano. CENIBANANO - AUGURA. Km. 4 vía Carepa - Apartadó. [amartinez@augura.com.co](mailto:amartinez@augura.com.co)

<sup>2</sup> Investigador en Agricultura de Precisión. Centro de Investigaciones del Banano. CENIBANANO - AUGURA. Km. 4 vía Carepa - Apartadó. [dacastanedas@gmail.com](mailto:dacastanedas@gmail.com)

<sup>3</sup> Técnica en Investigación. Centro de Investigaciones del Banano. CENIBANANO - AUGURA. Calle 23 No. 4 - 27 Oficina 405. Edificio Centro Ejecutivo – Santa Marta. [hbarnacelly@augura.com.co](mailto:hbarnacelly@augura.com.co)

<sup>4</sup> Consultor independiente para plátano y banano. [merchanvictor@yahoo.es](mailto:merchanvictor@yahoo.es)

reducción del inóculo se enfoca principalmente a lesiones en estadio 6 (Fouré, 1985).

El objetivo inicial de estas investigaciones fue determinar el efecto de las prácticas fitosanitarias en la incidencia de *Mycosphaerella fijiensis* (Pérez *et al.*, 2005; Peñaranda *et al.*, 2006); sin embargo con los resultados de los dos primeros años de investigación este objetivo se transformó en el de desarrollar una herramienta complementaria al control químico convencional, que permita manejar integralmente la sigatoka negra, y es el propósito del presente trabajo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

En el año 2004 se inició una serie de investigaciones en las zonas bananeras colombianas de Urabá y Magdalena, encaminadas a evaluar la práctica denominada “*poda temprana*”, que se enmarca dentro del manejo cultural de la enfermedad, y que tiene una acción preventiva en el control de la misma. Esta práctica tiene como objeto interrumpir el ciclo de vida del agente causal, eliminando de las hojas jóvenes los estadios 1, 2 y 3 de la enfermedad (Fouré, 1985), evitando que el hongo produzca estructuras reproductivas sexuales, asexuales y generación de procesos de reinfección. La labor de poda es complementada con el corte de lesiones en estadios 5 y 6 (Fouré, 1985).

La práctica de poda temprana consistió en la eliminación semanal del 16% del ápice de una hoja joven. Esta práctica se evaluó inicialmente en la hoja No. 5 y posteriormente en la hoja No.3. La labor se realizó semanalmente tanto en las plantas adultas no florecidas como en los hijos de sucesión; el corte del ápice fue recto sin rasgaduras ni desfleques a la hoja (Figura 1), la labor se complementó con la reducción mecánica de inóculo (cirugía, despunte, deslaminado), en estadios 5 y 6 (Fouré, 1985).

Los tratamientos evaluados fueron: PT - Poda Temprana mas reducción de inóculo con frecuencia de ejecución semanal, RIS - Reducción mecánica de Inóculo con frecuencia de ejecución Semanal, RIQ - Reducción mecánica de Inóculo con frecuencia de ejecución Quincenal, y como testigo MF - Manejo de la Finca donde la frecuencia de reducción mecánica de inóculo era irregular según el criterio de la finca (aproximadamente entre 7 y 20 días). En todos los tratamientos el control químico de la enfermedad fue igual al establecido según el programa de cada finca. Como variables para medir el desarrollo de la enfermedad se midió el estado de evolución de la enfermedad mediante el sistema de preaviso biológico (Fouré, 1985) o índice de severidad (Gauhl, 1992), así como hoja más joven manchada (HMJM), hoja más joven infectada (HJMI) y hojas funcionales; de la planta se midieron variables de crecimiento y de producción; también se midió costo de las labores de reducción de inóculo.

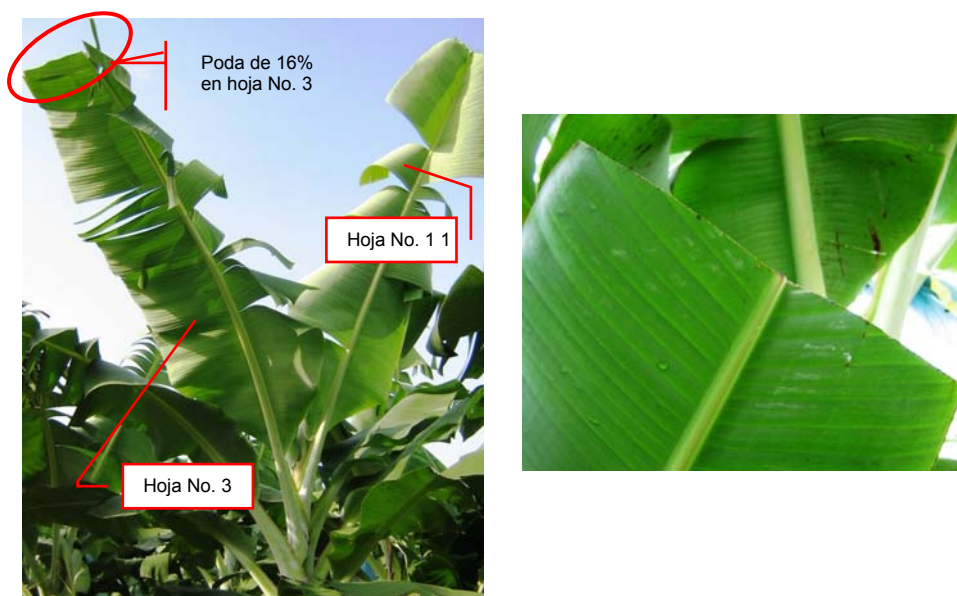


**Figura 1.** Tipo de corte en la hoja No. 3 en la ejecución de la práctica Poda Temprana

El estudio comprendió tres experimentos de campo (dos en la zona bananera de Urabá y uno en la zona bananera del Magdalena), y una prueba comercial desarrollada en la zona bananera de Urabá.

### Experimento 1

Se desarrolló entre las semanas 19 a 52 de 2004, en cuatro fincas seleccionadas en dos subzonas de Urabá, sur y centro, consideradas de alta y media presión de la enfermedad. En éstas se evaluaron los tratamientos PT en la hoja No. 5, RIS, RIQ, y MF, adicionalmente se evaluó la producción. En cada finca (localidad) se seleccionaron 1680 plantas, la unidad experimental (UE) se conformó entonces por 140 plantas. El diseño experimental fue completamente al azar con cuatro tratamientos y tres repeticiones. Los análisis estadísticos se realizaron en el programa R<sup>®</sup> 2004. La comparación entre medias para los diferentes tratamientos se realizó con la prueba de Tukey.

Solo en una de las fincas, en la subzona sur de Urabá, se mantuvo el área experimental y los mismos tratamientos, por un período de evaluación adicional entre las semanas 8 de 2005 a 3 de 2006, con lo que se valoró el rendimiento por la especialización del operario al ejecutar la labor.

### Experimento 2

Se desarrolló entre la semana 20 de 2004 y la semana 7 de 2005, en los tres sectores del Magdalena considerados de alta, media y baja presión de la enfermedad. Se evaluó PT en la hoja No. 5, RIS, RIQ y MF. El diseño experimental fue de bloques completos al azar con cuatro tratamientos y tres repeticiones, evaluando 10 plantas en cada UE, para un total de 120 plantas por finca (localidad). Los análisis estadísticos se realizaron en el programa SAS<sup>®</sup>. La comparación entre medias se realizó por el método de Tukey.

### Experimento 3

Considerando los resultados anteriores se ejecutó entre las semanas 7 a 47 de 2005 en la subzona centro de Urabá, evaluando PT en la hoja No. 3, RIS y MF. Se seleccionaron 1260 plantas, conformando la UE por 420 plantas. El diseño experimental fue completamente al azar. Los análisis estadísticos se realizaron en el programa R<sup>®</sup> 2004, utilizando el modelo de medidas repetidas en el tiempo, registrando semanalmente el índice de severidad de la enfermedad.

### Prueba comercial

Se está desarrollando en una finca completa de 64,4 ha, ubicada en la subzona sur de Urabá donde se implementó la práctica PT en la hoja No. 3, a partir de la semana 6 de 2006, considerando los resultados obtenidos en los experimentos anteriores. Dado que es una fase comercial no se realizó diseño experimental, pero se está haciendo seguimiento a la enfermedad mediante las variables HMJI, HMJM y hojas funcionales, comparando la información de este año con la del anterior, en el mismo periodo. Se estableció un índice de sanidad, medido por la diferencia entre el total de hojas funcionales y la HMJI, lo cual define el número de hojas sin infección visible; que llevadas al total de hojas que tiene la planta permite determinar el porcentaje de sanidad.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Experimento 1

Se obtuvieron diferencias estadísticas significativas en estado de evolución e índice de severidad, al realizar PT, obteniéndose al final de la evaluación una hoja adicional libre de infección. Las variables de crecimiento y producción no tuvieron diferencias significativas, mostrando que el área foliar eliminada no influyó en el desarrollo de la planta, ni en el peso del racimo. La RIQ y MF demandaron menor cantidad de jornales por ha, frente a RIS y PT; sin embargo al comparar el rendimiento de la labor respecto al control MF, PT aumento hasta un 78% mientras que RIQ solo un 23%. Lo anterior gracias a la experiencia adquirida por los operarios y la sanidad progresiva de las UE (Pérez *et al.*, 2005).

En el segundo año de este experimento se encontró que PT y RIS requirieron un total de 118 y 108 horas ha<sup>-1</sup> respectivamente para ejecutar la labor durante las 47 semanas de evaluación; mientras que RIQ y MF solo requirieron 64 y 52 horas ha<sup>-1</sup> en el mismo periodo (Figura 2).

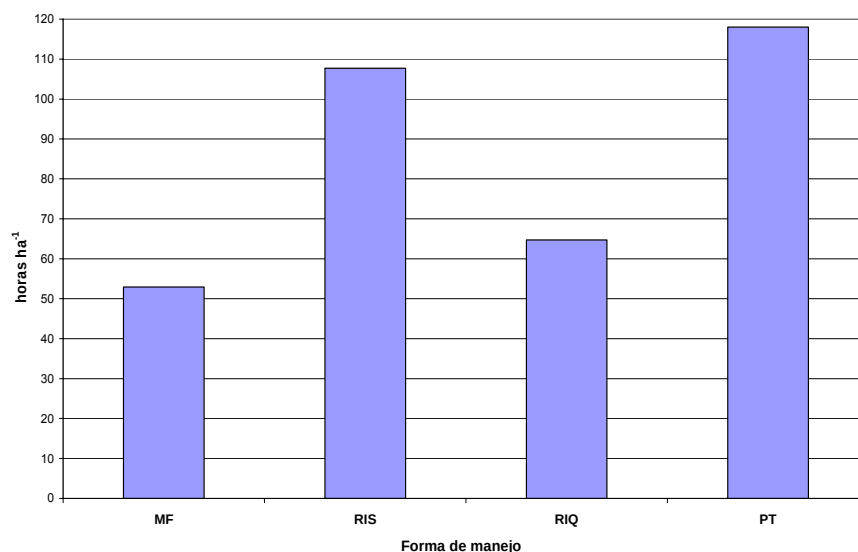


**Figura 2.** Tempo acumulado e demandado para cada prática de manejo cultural, durante 47 semanas do ano 2005.

Sin embargo PT y RIS tuvieron un rendimiento de 2,0 a 2,5 horas ha<sup>-1</sup> promedio de ejecución de la labor durante todo el periodo de evaluación; mientras que RIQ y MF presentaron en el primer semestre del año un rendimiento similar al de PT y RIS, pero después del segundo semestre, este rendimiento se incrementó gradualmente llegando en promedio hasta 6,0 horas ha<sup>-1</sup> en RIQ y 9,0 horas ha<sup>-1</sup> en MF (Figura 3). El aumento en el rendimiento de la labor se atribuye a la sanidad progresiva en las áreas experimentales y a la experiencia adquirida por los operarios.

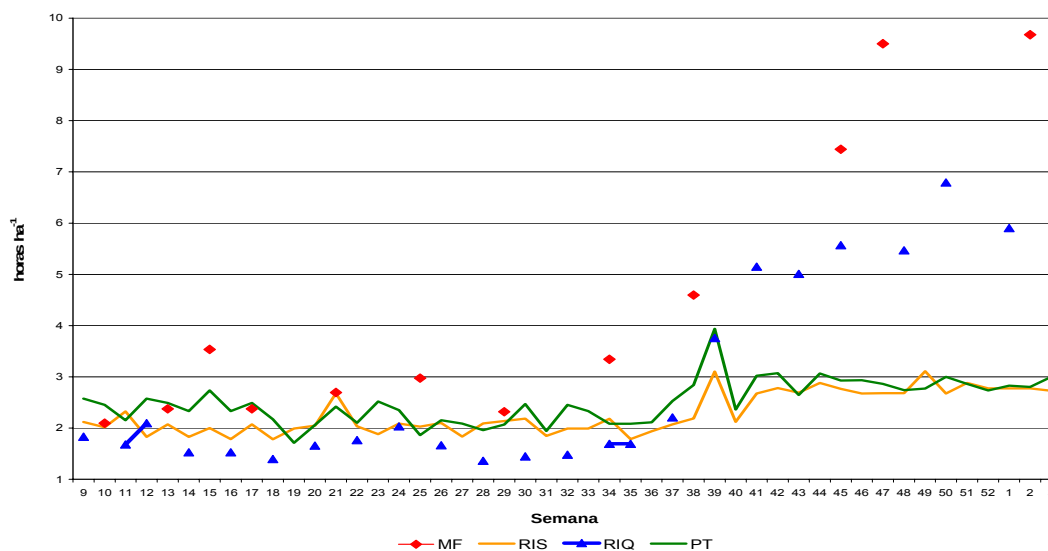


**Figura 3.** Evolución del rendimiento por hectárea necesario para ejecutar las diferentes prácticas de manejo cultural, durante las semanas 9 a 52 del año 2005 y 1 a 3 del año 2006.

## Experimento 2

En las tres fincas evaluadas se encontró que PT en la hoja 5 disminuyó el inóculo del patógeno, de tal manera que HMJM y HMJI se encontraban en hojas inferiores, generando que el número de hojas sanas aumentara, diferenciándose estadísticamente de RIQ y MF (Tabla 1).

**Tabla 1.** Efecto de diferentes practicas de control cultural de sigatoka negra, en el total de hojas sanas a floración de tres fincas de la zona bananera del Magdalena.

| Tratamientos     | Finca<br>Alta presión | Finca<br>Media presión | Finca<br>Baja presión |
|------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|
| MF               | 12,5 b                | 8,5 ab                 | 12,6 b                |
| RIS              | 12,5 b                | 8,7 ab                 | 13,3 a                |
| RIQ              | 11,3 c                | 8,0 b                  | 12,6 b                |
| PT               | 13,9 a                | 9,4 a                  | 13,6 a                |
| F (tratamientos) | *                     | *                      | *                     |

\* Prueba F significativa ( $P < 0,05$ )

Datos con letras distintas son significativamente diferentes según la prueba de Tukey ( $P > 0,05$ ).

De igual manera en la variable suma bruta (SB) se encontraron diferencias significativas, entre realizar PT y realizar RIQ o MF, con lo cual se demuestra que realizar PT reduce las lesiones iniciales de la enfermedad y por ende el volumen de inóculo en el canopi de la planta (Tabla 2).

**Tabla 2.** Efecto de diferentes practicas de control cultural de sigatoka negra, en suma bruta de tres fincas de la zona bananera del Magdalena.

| Tratamientos     | Finca<br>Alta presión | Finca<br>Media presión | Finca<br>Baja presión |
|------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|
| MF               | 1.184,5 b             | 1.868,8 a              | 1.101,6 ab            |
| RIS              | 891,3 c               | 1.504,2 b              | 908,2 b               |
| RIQ              | 1.462,6 a             | 1.516,4 b              | 1.322,2 a             |
| PT               | 851,9 c               | 1.369,3 c              | 851,5 b               |
| F (tratamientos) | *                     | *                      | *                     |

\* Prueba F significativa ( $P < 0,05$ )

Datos con letras distintas son significativamente diferentes según la prueba de Tukey ( $P < 0,05$ ).

En los parámetros de crecimiento y producción no se presentaron diferencias significativas, lo que indica que el área foliar cortada no influye en el desarrollo de la planta, ni en las características de producción de la misma (Tabla 3). Aunque en las fincas de alta presión y baja presión, el tratamiento PT se destacó por alcanzar un peso de racimo entre 1,5 y 2,0 kg superior a los demás tratamientos.

**Tabla 3.** Efecto de diferentes practicas de control cultural de sigatoka negra, sobre la producción en tres fincas de la zona bananera del Magdalena.

| Tratamientos     | Finca<br>Alta presión | Finca<br>Media presión | Finca<br>Baja presión |
|------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|
| MF               | 25,8                  | 19,2                   | 25,9                  |
| RIS              | 24,8                  | 19,2                   | 25,7                  |
| RIQ              | 25,0                  | 16,4                   | 25,7                  |
| PT               | 27,5                  | 19,3                   | 27,5                  |
| F (tratamientos) | n.s.                  | n.s.                   | n.s.                  |

n.s. Prueba F no significativa ( $P < 0,05$ )

Los valores más altos de SB, y los más bajos en el total de hojas sanas y producción en la finca de media presión de la enfermedad, obedecen a que esta es de producción orgánica (Peñaranda *et al.*, 2006).



### Experimento 3

Durante las primeras 25 semanas de evaluación no se evidenciaban diferencias sobre el desarrollo de la enfermedad por los diferentes tratamientos; pero al finalizar la investigación y recopilar la información de las 41 semanas de ensayo, se encontró que entre PT y MF existieron diferencias significativas ( $P=0,3 \times 10^{-6}$ ) en el índice de severidad de la enfermedad, generadas por la disminución del daño de las lesiones cuando se realizó PT. De igual manera se obtuvo, que al realizar PT la HMJI y la HMJM se presentara en una posición inferior frente a MF. Aunque no se encontraron diferencias estadísticas en el índice de severidad de la enfermedad entre PT y RIS, fue clara una mayor sanidad de la UE de PT (Figura 4).

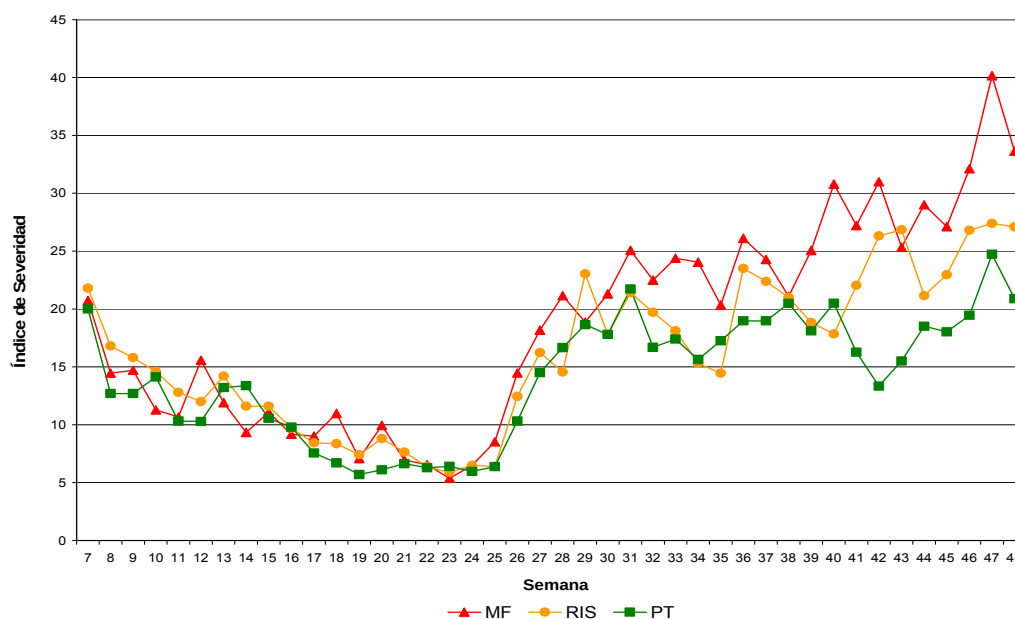
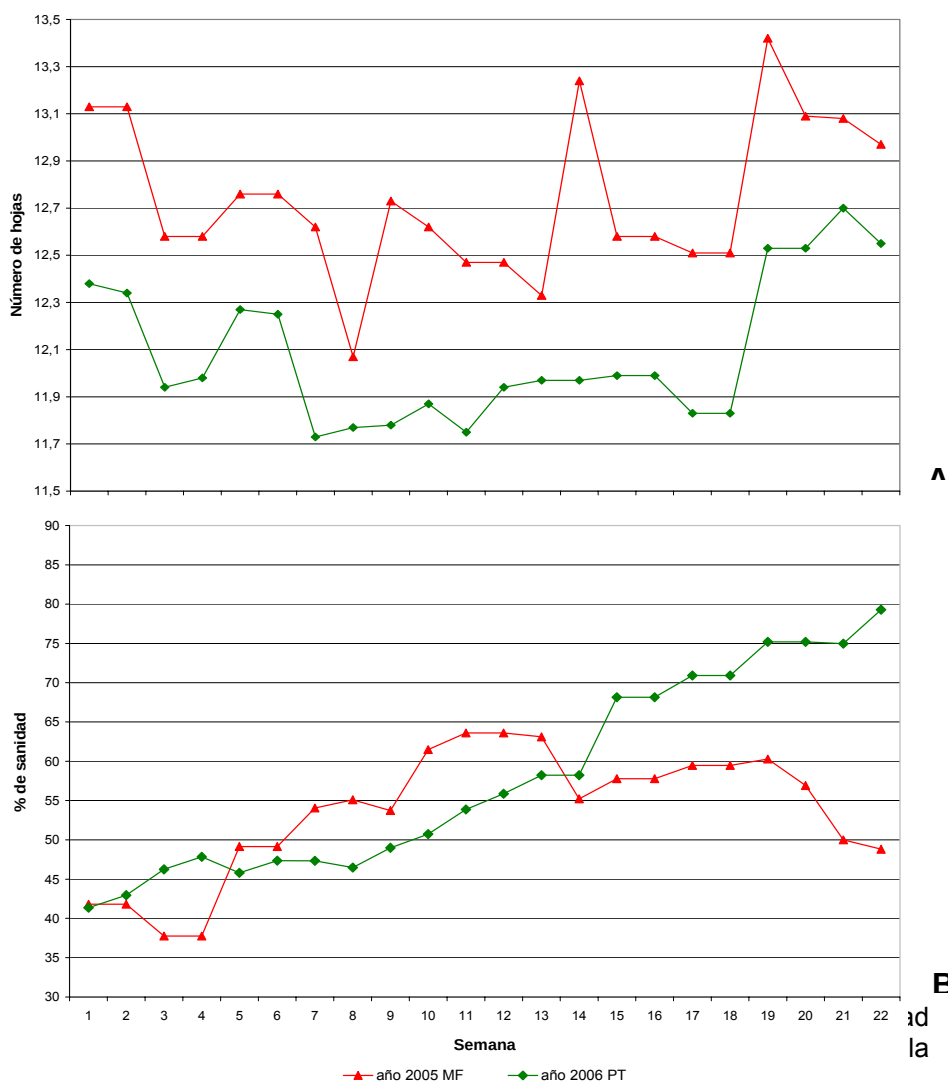


**Figura 4.** Dinámica del índice de severidad, durante 41 semanas del año 2005, evaluando de tres tipos de manejo cultural de la sigatoka negra

Prueba Comercial. En la finca donde se implementó la práctica, históricamente se realizaba el control cultural de la enfermedad con un programa de reducción de inóculo cada tres semanas. Entre la semana 1 y la semana 22 del año 2005 la plantación tuvo un promedio total de hojas de 12,7, mientras que en el año 2006 este promedio se redujo a 12,1; sin embargo durante los 17 ciclos de PT que lleva la finca en el 2006, se ha logrado aumentar un 30% la sanidad de la plantación, medido en porcentaje de hojas que la planta tiene sin infección visible, respecto al mismo periodo del año 2005 (Figura 5).



Respecto al primer ciclo, el rendimiento individual de un operario al realizar la labor aumento de 1,17 a 3,53 jornales  $ha^{-1}$ , lo que representa un aumento del 60%. Paralelamente el total de jornales necesarios para realizar PT en toda la finca, disminuyeron de 55 a 19, lo que representa una reducción del 60% (Figura 6).

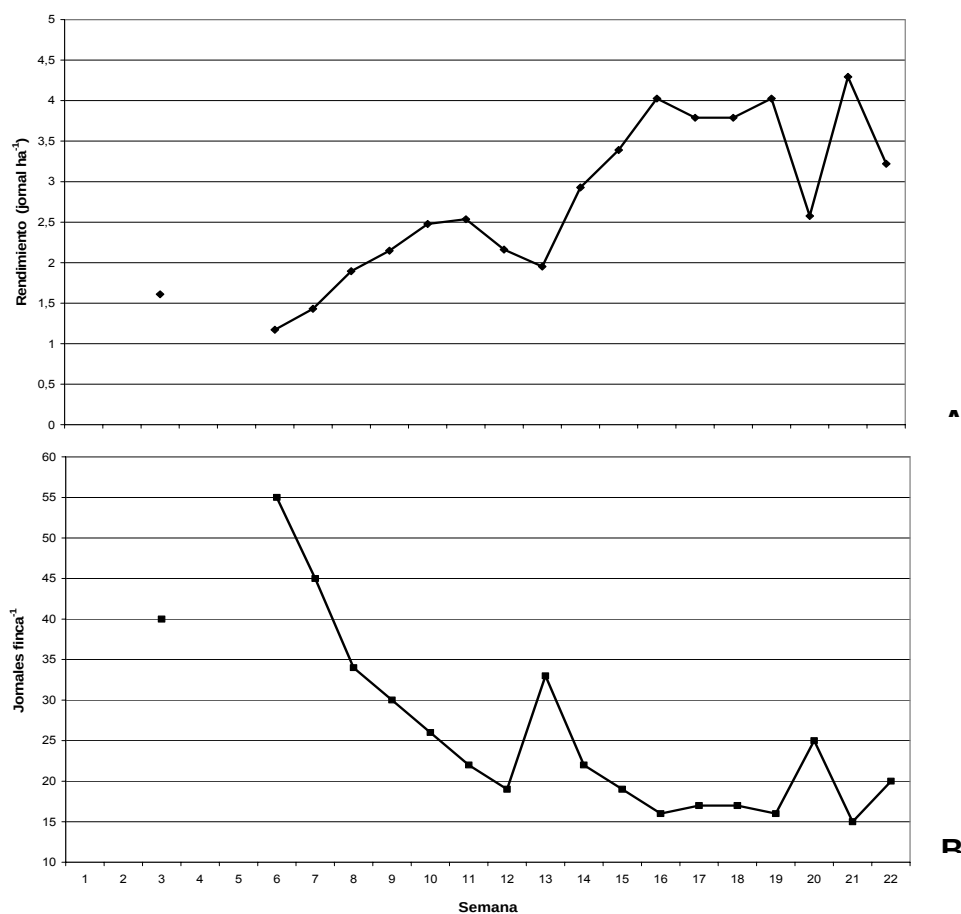


**Figura 6.** Rendimiento individual por operario (A) y total de jornales necesarios para ejecutar PT (B) en una plantación comercial.

## CONCLUSIONES

1. La poda temprana realizada en la hoja No.3 es más eficaz y eficiente que cuando se realiza en la hoja No. 5.
2. Al realizar semanalmente la poda temprana en la hoja en posición No. 3 se reduce la severidad de la enfermedad, ya que se eliminan lesiones causadas por el hongo antes que empiecen a producir estructuras reproductivas de tipo sexual y asexual.
3. El rendimiento se aumenta progresivamente en el control cultural de la enfermedad, adicionalmente se aumenta el rendimiento de la labor.
4. Al incluir la práctica de poda temprana en un sistema integral del cultivo, se puede manejar preventiva y oportunamente la sigatoka negra, sin que se afecte el desarrollo de la planta, su producción o la calidad de la fruta.

## BIBLIOGRAFÍA

- Calvo, C. y E. Bolaños. Comparación de tres métodos de deshoja en banano (*Musa AAA*): su efecto sobre el combate de la sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*, Morelet) y sobre la calidad de la fruta. CORBANA 27(54): 1-12.
- Fouré, E. 1985. Black streak disease of bananas and plantains (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet). Study of the symptoms and stages of the disease in Gabon. IRFA, Paris.
- Gauhl, F. 1992. Epidemiología y ecología de la Sigatoka Negra (*Mycosphaerella fijiensis*, Morelet), en plátano en Costa Rica. UPEB. 114 p.
- Pérez, A., P. Buritica y L. Patiño. 2005. Reducción de fuentes de inóculo de *Mycosphaerella fijiensis*, Morelet en banano cultivado para exportación en Urabá. Revista Facultad Nacional de Agronomía. Medellín. Vol. 58 (1): 2749.
- Peñaranda, L., L. Mendoza y L. Patiño. 2006. Evaluación de diferentes sistemas de podas para el manejo de sigatoka negra *Mycosphaerella fijiensis* Morelet, en banano en la zona bananera del Magdalena. Trabajo pregrado Universidad del Magdalena. Santa Marta. 380 p.

## MONITORAMENTO DA INCIDÊNCIA DA SIGATOKA NEGRA NO ESTADO DE SÃO PAULO

### MONITORING OF INCIDENCE OF BLACK SIGATOKA IN THE STATE OF SÃO PAULO

Paulo Fernando de Brito<sup>1</sup>; Berenice Buso Spir<sup>2</sup> & Enoch Tadeu de Mendonça<sup>3</sup>.

#### RESUMO

A bananicultura é uma das principais atividades agrícolas do estado de São Paulo, cultivada predominantemente por pequenos produtores rurais. Ocupa uma área de 61.230 ha. e movimenta aproximadamente R\$ 420 milhões, sendo que a principal região produtora, o Vale do Ribeira, é responsável por 83% desta produção. O surgimento em junho de 2004 da Sigatoka Negra (*Mycosphaerella fijiensis*) na principal região produtora do estado, no município de Miracatu, causou enorme transtorno para a região e uma grande preocupação para a Coordenadoria de Defesa Agropecuária, por isso, foi montada uma força tarefa para monitorar a incidência da praga e estabelecer medidas sanitárias, com o objetivo de minimizar o prejuízo causado pela Sigatoka Negra. Terminada esta ação no Vale do Ribeira, a Defesa Agropecuária realizou também um monitoramento no restante do estado visando estabelecer área livre de Sigatoka Negra. Porém, apesar da praga ser detectada em 57% dos municípios e em 49% das amostras, ela estava distribuída em todas regiões do estado e em todos os municípios de importância comercial na produção de banana, impossibilitando com isso, o estabelecimento de uma área livre. Como alternativa, foi implantado o Sistema de Mitigação de Risco para Sigatoka Negra no estado de São Paulo, que é a adoção de prática de manejo da praga, que tem como objetivo atingir nível apropriado de segurança fitossanitária, possibilitando ao produtor a manutenção de sua atividade e a comercialização de seu produto para outras unidades da federação e para outros países.

#### SUMMARY

The banana production is one of the main agricultural activities of the state of São Paulo, cultivated predominantly for small agriculturists. It occupies an area of 61.230 ha. with value approximately U\$ 200 million, being that the main producing region, the Valley of the Ribeira, is responsible for 83% of this production. The sprouting in June of 2004 of the Black Sigatoka (*Mycosphaerella fijiensis*) in the main producing region, in the city of Miracatu, caused enormous upheaval for the region a great concern for the Agency of Plantain Defense, therefore, was mounted a force task to monitoring the incidence of the plague and to establish measures sanitary, with the objective to minimize the damage caused for the Black Sigatoka. Finished this activity in the Valley it Ribeira, the Agency of Plantain Defense also carried through a monitoring in the area remain of the state to establish free area of Black Sigatoka. However, despite the plague to be detected in 57% of the cities and 49% of the samples, it was distributed in all regions of the state and all the cities of commercial importance in the banana producing of São Paulo, it did not obtain to establish of a free area. As alternative, was implanted the System of Monitoring for Black Sigatoka in the state of São Paulo, that is the adoption of practices of handling of the plague, that has as objective to reach an adequate level of control, making possible to the producer the maintenance of its activity and the commercialization of the production for other states and other countries.

**Keywords:** plant pathology, diseases, control

#### INTRODUÇÃO

A bananicultura é uma das principais atividades agrícola do estado de São Paulo, ocupando uma área de 61.230 ha., em 10.110 propriedades, predominantemente cultivada por pequenos produtores com área média de 6,00 ha. e gerando aproximadamente 43.000 empregos diretos com a atividade. O mercado de banana no estado movimenta R\$ 420 milhões, sendo que a principal região produtora é o Vale do Ribeira, responsável por 83% desta produção, tendo também grande importância as regiões

<sup>1</sup> Diretor, Coordenadoria de Defesa Agropecuária, Avenida Brasil, 2340, CEP 13.070-178, E-mail: [paulo.brito@cda.sp.gov.br](mailto:paulo.brito@cda.sp.gov.br);

<sup>2</sup> Assistente Agropecuário VI, Coordenadoria de Defesa Agropecuária, Avenida Brasil, 2340, CEP 13.070-178, e-mail: [berenice.spir@cda.sp.gov.br](mailto:berenice.spir@cda.sp.gov.br);

<sup>3</sup> Coordenador, Coordenadoria de Defesa Agropecuária, Avenida Brasil, 2340, CEP 13.070-178, e-mail: [enochtm@cda.sp.gov.br](mailto:enochtm@cda.sp.gov.br).

de Avaré e Jales. No Vale do Ribeira a cultura da Banana é a principal atividade agrícola, correspondendo diretamente por 80% da economia da região.

Porém, em junho de 2004 foi identificada a presença da Sigatoka Negra no município de Miracatu, Vale do Ribeira, causando um enorme transtorno para os bananicultores da região e grande preocupação para a Coordenadoria de Defesa Agropecuária. A partir da constatação da praga no estado de São Paulo, foi montada uma força tarefa para monitorar a incidência no Vale do Ribeira e posteriormente, esta ação foi também realizada no restante do Estado, com o objetivo de elaborar um programa para minimizar o prejuízo causado pelo aparecimento da Sigatoka Negra nos bananais paulistas. Atualmente, a Coordenaria de Defesa Agropecuária implantou o sistema de mitigação de risco no estado de São Paulo, que visa o manejo de risco da praga com objetivo de atingir um nível apropriado de segurança fitossanitária.

A Sigatoka Negra é uma praga quarentenária A2, causada pelo fungo *Mycosphaerella fijiensis* (Morelet). Originária da Ilha Fiji, foi identificada pela primeira vez no Brasil em 1.998, nos municípios amazonenses de Benjamim Constant e Tabatinga, de onde se espalhou para outros municípios do Estado e para o Acre, Rondônia, Pará, Roraima, Mato Grosso e, mais recentemente para São Paulo, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. O fungo dissemina-se por esporos, sendo que folhas infectadas associadas às condições climáticas favoráveis à produção e disseminação dos esporos, gera contaminação de áreas cultivadas a grandes distâncias. Hanada et al. (2002b), estudando a sobrevivência dos conídios em diferentes materiais, constataram que os esporos sobrevivem até 60 dias aderidos às folhas de bananeira e nos tecidos das roupas dos operários; até 30 dias em pedaços de madeira, plástico e papelão; e na casca dos frutos, até seu apodrecimento. A disseminação de uma região para outra ocorre principalmente pela utilização de mudas contaminadas e folhas infectadas utilizadas para proteger os frutos durante o transporte dos frutos. Pode ser levado também aderido às roupas das pessoas e às caixas de embalagens. A Defesa Agropecuária, cumprido com seu objetivo de garantir a sanidade e a qualidade das cadeias produtivas, adotou medidas sanitárias para disciplinar à produção, o trânsito e o comércio de mudas, frutos e partes de planta de bananeira, visando minimizar a disseminação da praga e viabilizar a manutenção econômica da cultura.

## MATERIAIS E MÉTODOS DO MONITORAMENTO

O levantamento foi realizado em conformidade com a Instrução Normativa nº 41 de 21 de junho de 2002, no período de 2004 a 2005, com objetivo de caracterizar uma área livre de Sigatoka Negra para o estado de São Paulo. Foram inspecionadas 1.086 propriedades, coletadas 1.553 amostras, em 511 municípios no estado de São Paulo, utilizando a metodologia da tabela abaixo. Considerando que para a delimitação de Área Livre de Sigatoka Negra há necessidade de se conseguir uma distância mínima de 70 Km de possíveis fontes de contaminação da praga, as propriedades amostradas estavam localizadas numa distância mínima para atender a exigência legal.

Todas as amostras coletadas foram enviadas para o Instituto Biológico de São Paulo, para análise laboratorial do material. As propriedades amostradas foram geoposicionadas e demarcadas conforme mapa do estado de São Paulo (mapa 01), constatando que não existia propriedade produtora de banana, que atendia a exigência legal para estabelecimento de área livre.



### Metodologia adotada

| Distância Da Planta Foco | Nº De Propriedades Levantadas % | Nº De Plantas Inspeccionadas (amostra)         |
|--------------------------|---------------------------------|------------------------------------------------|
| Até 10 km.               | 50                              | Três plantas adultas próximas do florescimento |
| 10 a 30 km.              | 30                              | Três plantas adultas próximas do florescimento |
| 30 a 70 km.              | 10                              | Três plantas adultas próximas do florescimento |
| Estrada de Rota de Risco | 50                              | Três plantas adultas Próximas do florescimento |

### Resumo do Monitoramento

| Indicador                                | Nº                   |
|------------------------------------------|----------------------|
| N.º de propriedades levantadas           | 1.086 propriedades   |
| N.º de amostras coletadas                | 1.553 amostras       |
| N.º de municípios amostrados             | 511 municípios       |
| N.º de municípios com amostras positivas | 290 municípios (57%) |
| N.º de amostras com resultado positivo   | 762 amostras (49%)   |
| N.º de amostras com resultado negativo   | 791 amostras (51%)   |

### Sistema Mitigação de Risco - Sigatoka Negra

| Indicador                            | Nº               |
|--------------------------------------|------------------|
| Eng.º Agr.º Cadastrados              | 21               |
| Eng.º Agr.º Credenciados CFO/CFOC    | 150              |
| Unidades de Produção Cadastradas     | 120 propriedades |
|                                      | 5.148,86 ha.     |
| Casas de Embalagem Cadastradas       | 72               |
| Viveiro de Mudanças                  | 1 viveiro        |
|                                      | 640.000 mudas    |
| Empresas de Higienização Cadastradas | 4                |

## MAPA 01



## CONCLUSÃO

Não foi possível estabelecer uma Área Livre de Sigatoka Negra no estado de São Paulo, pois a praga estava disseminada por todas regiões do Estado e nos principais municípios produtores de banana do Estado de São Paulo, não atendendo, portanto as exigências sanitárias da legislação para estabelecimento de área livre. Com a publicação da Instrução Normativa nº 17 de 31 de maio de 2005, foi então implantado pela Coordenadoria de Defesa Agropecuária o Sistema de Mitigação de Risco para Sigatoka Negra no estado de São Paulo, que é a adoção de práticas de manejo da praga que visa atingir um nível apropriado de segurança fitossanitária, possibilitando ao produtor a manutenção de sua atividade agrícola e a comercialização do seu produto para outras Unidades da Federação e para outros países.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Castro, M.E.A. & Vilela, P. S. Sigatoka negra da bananeira / *Mycosphaerella fijiensis* / Belo Horizonte, FAEMG, IMA, SEBRAE, 2004, 28p.
2. Hanada, R.E. & Gasparotto, L. & Pereira, J.C.R. Esporulação de *Mycosphaerella fijiensis* em diferentes meios de cultura. Fitopatologia Brasileira 27:170-173. 2002b.
3. Hanada, R.E. & Gasparotto, L. & Pereira, J.C.R. Sobrevivência de conídios de *Mycosphaerella fijiensis* em diferentes materiais. Fitopatologia Brasileira 27:408-411. 2002a.
4. Ferrari, J.T. & Nogueira, E.M.C. Como Identificar e Combater a Sigatoka Negra da Bananeira. I.Biológico.

## RELACIONES ENTRE LOS FACTORES CLIMÁTICOS Y LA VELOCIDAD DE LA EVOLUCIÓN DE LA SIGATOKA NEGRA EN BANANOS Y PLÁTANOS

### RELATIONSHIP BETWEEN CLIMATIC FACTORS AND BLACK SIGATOKA SPEED OF EVOLUTION IN BANANA AND PLANTAINS

Luis Pérez-Vicente<sup>1</sup>; Angela Porras<sup>1</sup>; Fernando Mauri-Mollera<sup>1</sup>; Alexis Hernández-Mancilla<sup>1</sup> & Ezequiel Abreu-Antunez<sup>1</sup>

#### SUMMARY

Climatic factors have a principal influence on the transmission and speed of evolution of Black Sigatoka (BS). A study was carried for two years to determine the relationships between the speed of evolution of BS and air temperature, rainfall and relative humidity, to establish predictive models of the tendency of the development of the disease in Cavendish banana and plantains. The best fitted polynomial equation of the speed of growth of *Mycosphaerella fijiensis* (Mf) ascospores germ tubes on temperature was determined and sums of speed of evolution on base of temperature were obtained. Weekly sums under 11000 units were limiting for BS evolution on the field. Mathematical models based on 10 and 14 days rainfall accumulates allows predict the tendency of the disease for the 4 and 5 following weeks for banana and plantains. A network of bioclimatic forecasting of the systemic fungicide treatments allowed save 30% of the number and cost of fungicide treatments.

Keywords: disease, statistics, mathematical model

#### INTRODUCCIÓN.

La Raya negra/Sigatoka negra causada por *Mycosphaerella fijiensis* Morelet, es la enfermedad más nociva presente en las plantaciones de musáceas a nivel mundial. Cuatro años después de la aparición del patógeno en Cuba en 1990, reemplazó a (*M. musicola*) en todas las áreas del país. Durante 1991 y 1992 se realizaron hasta 23 ciclos por año en plantaciones de Cavendish y los costos de protección alcanzaron el 15% de todos los costos de producción (Pérez *et al.*, 2002).

En Cuba existen dos estaciones bien marcadas: una fría y seca cuando la temperatura puede descender por debajo de 18°C y otra lluviosa y caliente. En ambas estaciones la enfermedad presenta un comportamiento marcadamente diferente.

El objetivo del presente estudio fue determinar las relaciones entre diferentes parámetros fenológicos de desarrollo de la enfermedad y entre éstos y los factores climáticos, con vistas a la optimización de un sistema de manejo integrado en base a pronóstico bioclimático para optimizar el uso de fungicidas, reducir de los costos de protección contra la enfermedad y la contaminación ambiental.

#### MATERIALES Y METODOS

1. *Determinación de la ecuación de mejor ajuste del crecimiento de los tubos germinativos de las ascósporas de M. fijiensis en función de la temperatura y de constantes de velocidad de crecimiento por temperatura.*

Se tomaron muestras de hojas del clon CEMSA 3/4 (AAB) con parches de tejido necrótico por infecciones de Sigatoka negra portadoras de pseudotecios de *Mycosphaerella fijiensis* de campos no tratados con fungicidas en Camagüey. Fragmentos de hojas de 8x8 cm fueron lavados durante dos min., se fijaron a discos de papel de filtro de 10 cm de diámetro y se colocaron en las tapas de placas de Petri que contenían una lámina de agar agua con el envés de la hoja de frente al medio. Se incubaron durante una hora para permitir la descarga de las ascósporas, retirándose posteriormente los fragmentos de hoja.

Las placas con las ascósporas fueron incubadas a temperaturas de 8, 10, 12, 15, 20, 27, 30, 35, 36 y 37°C durante 24 horas. Para cada temperatura los experimentos se repitieron un mínimo de dos y un máximo de 7 veces. Se evaluaron 100 ascósporas por temperatura midiéndose la longitud de los tubos germinativos.

El crecimiento de los tubos germinativos en cada temperatura de todos los experimentos fue promediado y expresado como porcentaje del crecimiento máximo a la temperatura óptima. Se

<sup>1</sup> INISAV. 110 e/ 5ta B y 5ta F. Gaveta 534 11300 Playa. Ciudad Habana, Cuba. [lperezvicente@hotmail.com](mailto:lperezvicente@hotmail.com)

determinó la ecuación de mejor ajuste de los datos de crecimiento de los tubos en función de la temperatura. Con la ecuación que mejor ajuste presentó, se determinaron los coeficientes de velocidad de crecimiento correspondientes a cada temperatura.

## 2. Relación entre los factores climáticos y la velocidad de evolución de *Sigatoka negra* en el campo.

Con el objetivo de determinar la relación entre las progresiones y regresiones de la velocidad de evolución de la enfermedad y el comportamiento de los factores climáticos, se desarrolló un estudio durante 1995 y 1996 en dos fincas plantadas del clon Gran Enano (AAA) y CEMSA ¾ (AAB) respectivamente en La Cuba Ciego de Avila, donde se marcaron en cada uno al azar 20 plantas jóvenes con hojas expandidas para realizar observaciones del estado de evolución sobre cuatro hojas (EE4H; según el procedimiento establecido por Fouré, 1988).

Se situó en una plazoleta meteorológica una caseta meteorológica estándar equipada con termómetros de máxima y mínima y un termohidrógrafo Mechel MT 1500, con los que se realizaron registros de la temperatura máxima (T<sub>máx.</sub>) y mínima (T<sub>min.</sub>) diarias; un pluviógrafo Mechel UM 8100 para el registro de la cantidad y duración de la lluvia caída diariamente y se situó en una torre a la altura de las hojas más jóvenes de las plantas en el interior de una plantación del clon Gran enano un humectógrafo tipo Woelfe, para el registro de la duración de la humectación de las hojas.

Con los registros horarios de temperatura, se calcularon mediante el método termofisiológico de Livingstone (según Ganry, 1978 a y b), la suma de velocidades de desarrollo diarias de *M. fijiensis* de acuerdo a la curva obtenida de acción de la temperatura sobre el crecimiento de los tubos germinativos de las ascósporas de *M. fijiensis* y se acumularon semanalmente. Los datos de la cantidad de lluvia en mm y de duración de las lluvias en minutos, fueron acumulados por períodos de 7, 10 y 14 días y posteriormente fueron sometidos a análisis de correlaciones con los de EE4H obtenidos en la misma semana y entre 1 y 8 semanas después. Con los resultados de estos análisis, se construyó una matriz de correlaciones; igual procedimiento fue seguido con los registros de intensidad y duración de la humectación de las hojas.

Con los datos históricos de temperatura horaria de los años comprendidos entre 1990 - 1993 de las estaciones meteorológicas de Güines en la provincia de La Habana, Venezuela en la provincia de Ciego de Avila, Esmeralda en la provincia de Camagüey, Veguitas en la provincia de Granma y Contramaestre en Santiago de Cuba (cercanas a las principales áreas de cultivo de banano y plátano), se determinó el comportamiento estacional de los valores de SV en diferentes regiones del occidente centro y oriente de Cuba.

Todos los análisis estadísticos fueron realizados con el programa estadístico STATISTICA (CSS, Complete Statistical System 1986-1992) STATSOFT Inc., Tulsa, Oklahoma. EU.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

### 1. Determinación de la ecuación de mejor ajuste del crecimiento de los tubos germinativos de las ascósporas de *M. fijiensis* en función de la temperatura y de constantes de velocidad de crecimiento por temperatura.

Como puede apreciarse en el Cuadro 1, la temperatura mínima para el crecimiento de *M. fijiensis* es de 12 °C, la óptima 27 °C y la máxima 36 °C lo que concuerda con lo informado por Jácome (1991) y Stover (1983). En temperaturas ≤ de 11°C y ≥ a 37°C, no fue nunca observada la germinación de las ascósporas y el crecimiento de los tubos germinativos. En las temperaturas en el rango de 10 a 20°C, la velocidad de crecimiento de *M. fijiensis* disminuye a menos del 50% de su velocidad de crecimiento a 27°C (Fig. 1),

La ecuación de ajuste de los datos de crecimiento de los tubos germinativos mediante el calculo reiterativo fue  $V_f = 79.35e^{-0.015(t-27.13)^2}$  ( $R^2 = 0.91^{**}$ ; para  $t \leq 11^\circ\text{C}$  y  $t \geq 37^\circ\text{C}$   $V_f=0$ )

En el Cuadro 2 y la Fig.1, aparecen los valores del crecimiento de los tubos germinativos de *M. fijiensis* expresados como porcentaje del observado a la temperatura óptima, los que representan los coeficientes de velocidad de crecimiento correspondiente a cada temperatura de acuerdo a la ecuación de ajuste obtenida.

Cuadro 1. Acción de la temperatura sobre el crecimiento de los tubos germinativos de las ascósporas de *M. fijiensis*.

| T °C | Crecimiento de los tubos germinativos en: |                           |
|------|-------------------------------------------|---------------------------|
|      | µm                                        | % del crecimiento máximo. |
| 8    | 0                                         | 0                         |
| 10   | 0                                         | 0                         |
| 11   | 0                                         | 0                         |
| 12   | 3.1                                       | 3.8                       |
| 15   | 13.9                                      | 17.0                      |
| 20   | 35.8                                      | 43.7                      |
| 25   | 76.9                                      | 94.1                      |
| 27   | 81.9                                      | 100                       |
| 30   | 64.6                                      | 78.9                      |
| 35   | 50.6                                      | 61.8                      |
| 37   | 0                                         | 0                         |
| 38   | 0                                         | 0                         |

2. Relación entre los factores climáticos y la velocidad de evolución de Sigatoka negra en el campo.

En la Fig. 2, aparece a forma de ejemplo de todas las estaciones comprendidas en el estudio, la variación de las SV semanales para *M. fijiensis* de una estación de la región central de Cuba durante cuatro años. En la misma puede apreciarse los periodos en que ocurren temperaturas desfavorables al desarrollo de la enfermedad. Las temperaturas desfavorables al desarrollo de la enfermedad ocurren de forma general entre la semana 48 (segunda quincena de noviembre) y la semana 14 (última semana de marzo). Estas caídas de temperatura son consecuencia de la influencia de los frentes fríos continentales que influyen intensamente sobre el centro y occidente del país.

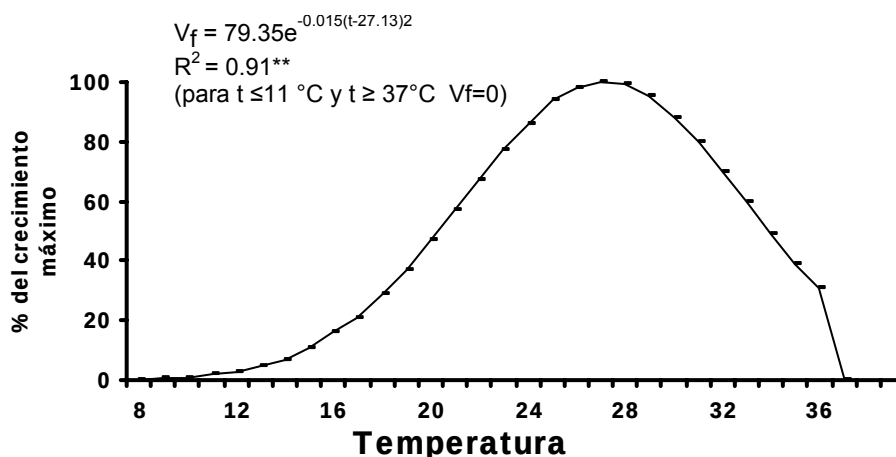


Figura 1. Crecimiento de los tubos germinativos de las ascósporas de *M. fijiensis* en diferentes temperaturas según ecuación de ajuste  $V_f = 79.35e^{-0.015(t-27.13)^2}$ .

En la Fig. 3 aparecen las curvas de las sumas de velocidades y los valores de estado de evolución de Sigatoka negra en una plantación de plátanos CEMSA ¾ (AAB). Los valores semanales de SV inferiores a 11000, determinan la limitación de la velocidad de evolución de la enfermedad entre una y dos semanas posteriores. En ningún caso hubo aumentos del estado de evolución de la enfermedad en las semanas con valores de SV <11000. Sin embargo, la rapidez de la velocidad de evolución de Sigatoka negra durante cortos periodos favorables determina, que cuando las temperaturas no son establemente bajas (especialmente si la humedad relativa es alta como ocurre durante la entrada de frentes fríos), ocurran rebrotes rápidamente al restablecerse las temperaturas favorables debido a la disponibilidad de inóculo. Por el contrario, en los periodos de seca cuando la humedad relativa es baja y el humedecimiento de los tejidos foliares es pobre, los tratamientos pueden ser detenidos.



Pérez *et al.* (1992) y Pérez *et al.* (1993a), encontraron en Cuba una alta correlación entre los valores de la suma bruta del estado de evolución calculados para el conjunto de las primeras cuatro hojas y el valor de la suma bruta del estado de evolución en la cuarta hoja y concluyeron, que una parte importante del acumulado total del estado de evolución de las cuatro primeras hojas, lo aportan los valores determinados en la cuarta hoja ( $R^2 = 0.92$ ). Los bananos y plátanos emiten entre 0.8 y 1.2 hojas cada semana. De esto se infiere, que una parte importante de los síntomas que se observan semanalmente en la cuarta hoja, proceden de inoculaciones ocurridas durante las diferentes etapas de apertura de las hojas o cuando están recién abiertas. Esto explica que los mayores valores de correlación entre lluvias, humectación y evaporación, fueran obtenidos con los estados de evolución de la enfermedad observados entre las 4 y 5 semanas posteriores.

En las figuras 4, 5 a y 5b, aparecen las curvas del desarrollo de la enfermedad en función de los acumulados de cantidad y duración de las lluvias durante 10 y 14 días en bananos y plátanos respectivamente; las tendencias de la evolución de la enfermedad siguen marcadamente las tendencias de los acumulados de lluvia 4–5 semanas antes en bananos y entre 5 y 6 semanas antes en plátanos.

Cuadro 2. Constantes de velocidad de crecimiento ( $V_f$ ) de los tubos germinativos de las ascósporas de *M. fijiensis* para cada temperatura ajustado según ecuación de regresión cuadrática (1).

| T °C | Constantes.<br>( $V_f$ ) <sup>(1)</sup> | T °C | Constantes.<br>( $V_f$ ) |
|------|-----------------------------------------|------|--------------------------|
| 8    | 0                                       | 23   | 77                       |
| 9    | 0                                       | 24   | 86                       |
| 10   | 0                                       | 25   | 94                       |
| 11   | 0                                       | 26   | 98                       |
| 12   | 3                                       | 27   | 100                      |
| 13   | 5                                       | 28   | 99                       |
| 14   | 7                                       | 29   | 95                       |
| 15   | 11                                      | 30   | 88                       |
| 16   | 16                                      | 31   | 80                       |
| 17   | 21                                      | 32   | 70                       |
| 18   | 29                                      | 33   | 60                       |
| 19   | 37                                      | 34   | 49                       |
| 20   | 47                                      | 35   | 39                       |
| 21   | 57                                      | 36   | 31                       |
| 22   | 67                                      | 37   | 0                        |
|      |                                         | 38   | 0                        |

(1)  $V_f = 79.35 e^{-0.015 (x - 27.13)^2}$ ;  $R^2 = 0.91^{**}$ . Para  $T \leq 11^\circ \text{C}$  y  $T \geq 37^\circ \text{C}$   $V_f = 0$ .

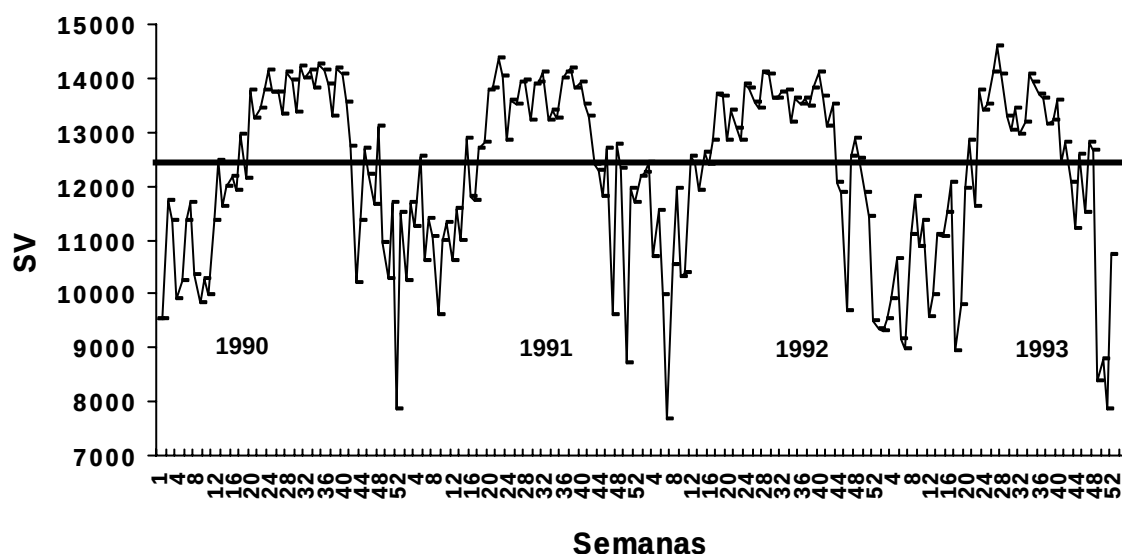


Figura 2. Sumas de velocidades semanales de *M. fijiensis* en los años comprendidos entre 1989 y 1992 en la región de Venezuela en Ciego de Avila.

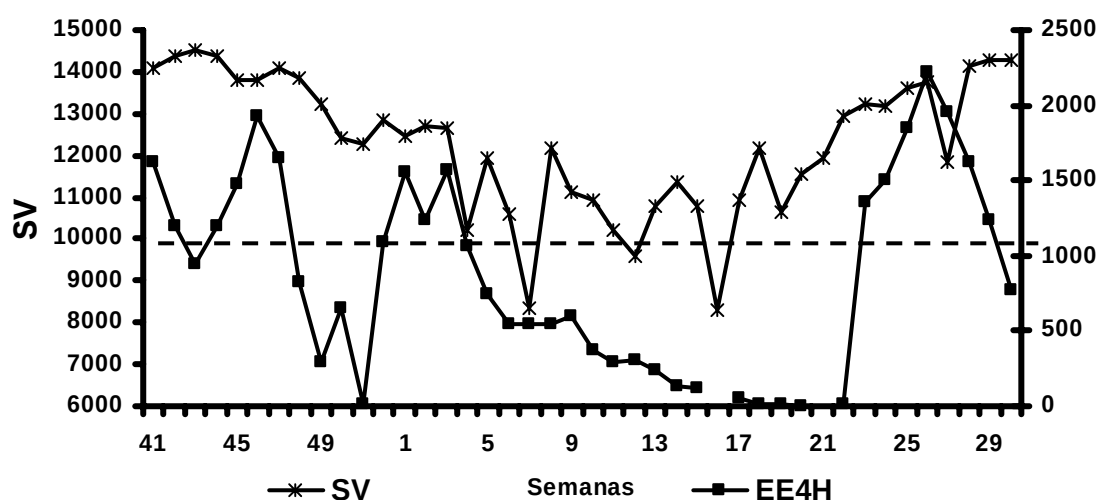


Figura 3. Curvas de la sumas de velocidades (SV) y la velocidad de evolución de Sigatoka negra (EE4H) en plátano clon CEMSA 3/4 (AAB) en la empresa La Cuba, en Ciego de Avila. Los valores semanales inferiores a 11000 unidades determinan la limitación de la evolución de la enfermedad.

Cuadro 3. Matrices de correlaciones entre variables climáticas y la velocidad de desarrollo de Sigatoka negra (EE4H) en banano (Gran enano AAA) y plátanos (CEMSA 3/4, AAB). Empresa La Cuba.

| Variable dependiente | Estado de evolución después de (semanas) |         |         |        |                 |          |         |        |
|----------------------|------------------------------------------|---------|---------|--------|-----------------|----------|---------|--------|
|                      | Gran enano (AAA)                         |         |         |        | CEMSA 3/4 (AAB) |          |         |        |
|                      | 3                                        | 4       | 5       | 6      | 4               | 5        | 6       | 7      |
| LL7 (mm)             | 0.56***                                  | 0.61*** | 0.74*** | 0.41*  | 0.48**          | 0.60***  | 0.58*** | 0.55** |
| DLL7 (min.)          | 0.45**                                   | 0.48**  | 0.77*** | 0.52** | 0.39 *          | 0.64 *** | 0.55**  | 0.54** |
| LL10 (mm)            | 0.54***                                  | 0.80*** | 0.71*** | n.s.   | 0.59***         | 0.74***  | 0.62*** | 0.40*  |
| DLL10 (min.)         | 0.39 *                                   | 0.74*** | 0.73*** | n.s.   | 0.50**          | 0.74***  | 0.57*** | 0.38*  |
| LL14 (mm)            | 0.64***                                  | 0.77*** | 0.69*** | n.s.   | 0.65***         | 0.74***  | 0.64*** | 0.39*  |
| DLL14 (min.)         | 0.51**                                   | 0.75*** | 0.73*** | n.s.   | 0.58***         | 0.72***  | 0.62*** | 0.38*  |
| H7 (mm)              | n.s.                                     | 0.72**  | 0.71**  | 0.53*  | 0.66*           | 0.54*    | 0.54*   | n.s.   |
| H10 (mm)             | n.s.                                     | 0.79 ** | 0.70 ** | n.s.   | 0.81**          | 0.55*    | n.s.    | n.s.   |
| H14 (mm)             | n.s.                                     | 0.81 ** | 0.68 *  | n.s.   |                 |          |         |        |

\*\*\*

Muy altamente significativo (0.1%).

\*\*

Altamente significativo (1%).

\*

Significativo (5%)

n.s.

No significativo.

EE4H:

Estado de evolución de cuatro hojas.

LL(n)mm:

Cantidad de lluvia acumulada n días en mm.

DLL(n)min.:

Duración de la lluvia acumulada n días en min.

H(n):

Cantidad de mm de agua sobre las hojas acumulada n días.

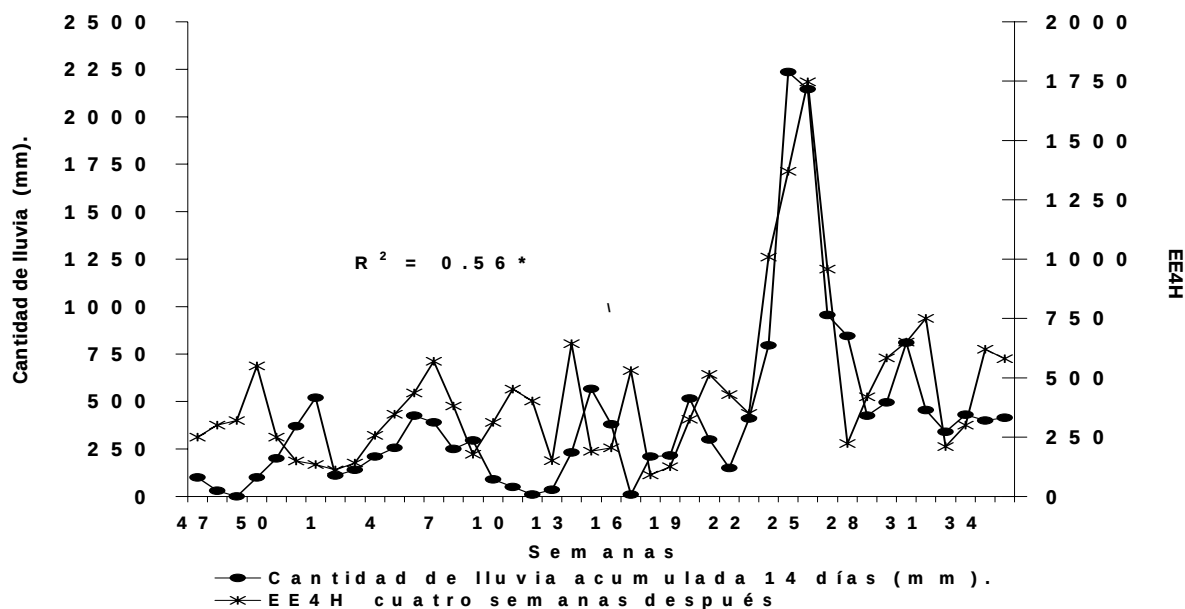


Figura 4. Relación entre la lluvia (mm) acumulada durante 14 días y la velocidad de evolución de Sigatoka negra (de acuerdo al estado de evolución en las cuatro hojas más jóvenes abiertas, EE4H), cuatro semanas después en banano Gran enano (AAA).

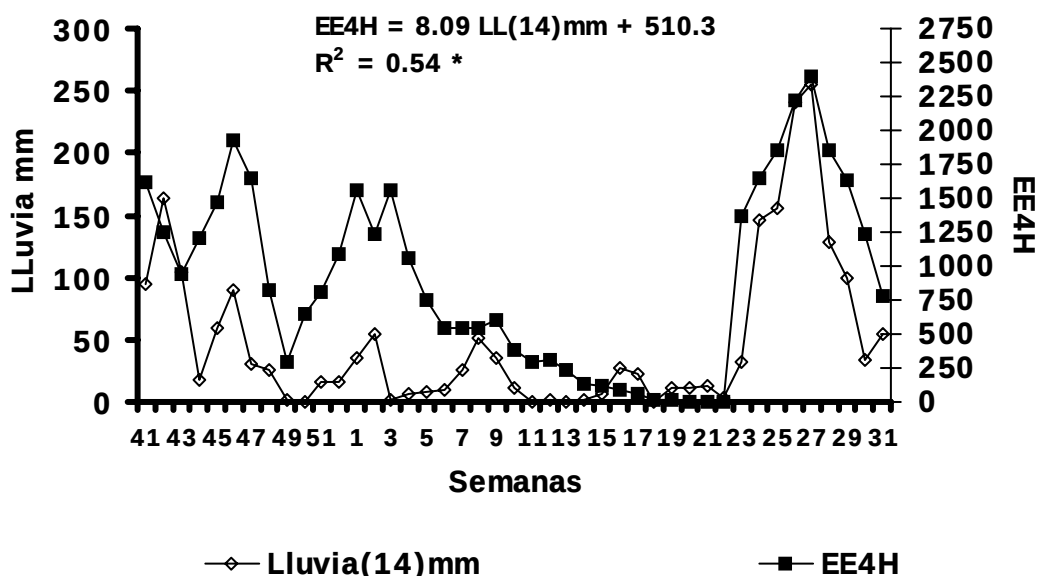


Figura 5a. Relación entre la lluvia acumulada durante 14 días y el estado de evolución EE4H) de la Sigatoka negra observado cinco semanas después en el clon CEMSA ¾ (AAB). Empresa La Cuba.

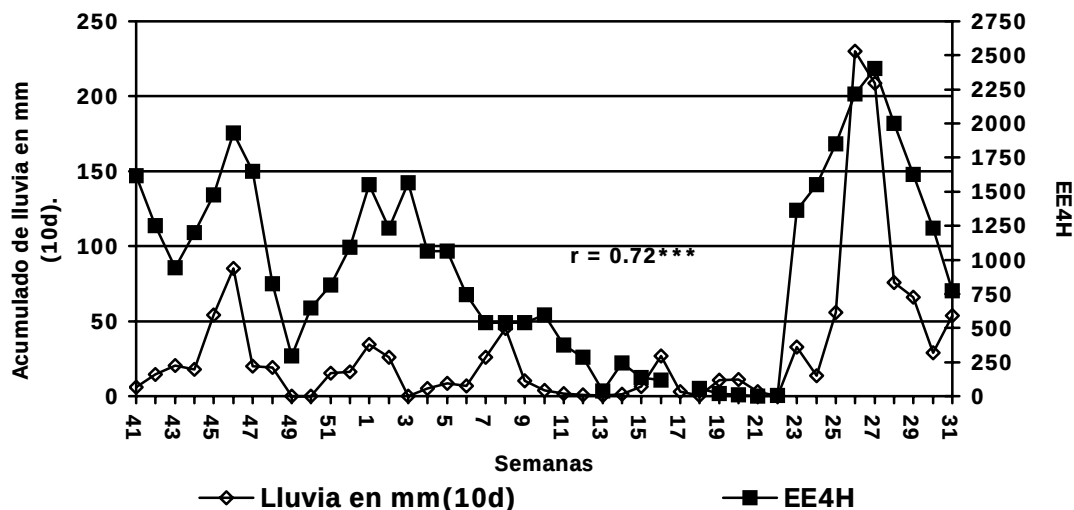


Figura 5b. Relación entre la lluvia acumulada durante 10 días y el estado de evolución (EE4H) de la Sigatoka negra observada cinco semanas después en el clon CEMSA ¾ (AAB). Empresa La Cuba.

Los datos obtenidos demuestran que la velocidad de evolución de la enfermedad (de acuerdo al estado de evolución), depende del comportamiento de la temperatura del aire, de la cantidad de inóculo disponible, de la duración de los períodos de humedecimiento de los tejidos de las hojas y de la lluvia. *M. fijiensis* es heterotático (Mourichon y Zapatier, 1990) y depende del movimiento de los espermacios en la lámina de agua que se depositan sobre las hojas para la fertilización de los ascocarpos al mismo tiempo que la liberación de las ascósporas, la formación de conidios en las manchas y la germinación y crecimiento de los tubos germinativos sobre la lámina foliar es dependiente de la presencia de una lámina de agua sobre las hojas.

Los datos obtenidos en el presente estudio concuerdan con los informes previos de Gauhl (1994) y Jiménez *et al.* (1995), acerca del papel de las lluvias y la humectación de las hojas en la epidemiología de la enfermedad y el carácter predictivo que puede tener de los momentos de realizar los tratamientos en bananos y plátanos.

Estas relaciones junto a las observaciones fenológicas del desarrollo de la enfermedad para la determinación de los momentos más idóneos para la realización de los tratamientos.

## CONCLUSIONES

1. Las temperaturas mínima, óptima y máxima para el crecimiento de los tubos de las ascósporas de *M. fijiensis* resultaron ser 11°C, 27 y 38°C respectivamente. A temperaturas inferiores a 20°C, la velocidad de crecimiento de los tubos germinativos es un 50 % menor que a la temperatura óptima de 27°C.
2. Se determinó una variación estacional de las de sumas de velocidades semanales (temperatura) para el crecimiento de *M. fijiensis*. Los registros de SV por debajo de 11000 unidades determinaron la regresión de los ataques en bananos y plátanos. Las SV limitantes a las progresiones de los ataques ocurren en Cuba de forma intermitente entre los meses de diciembre y abril que son los meses más fríos del año pudiéndose detener los tratamientos si este coincide con períodos de poca humedad o lluvias. Sin embargo, en caso de alta humedad, los períodos cortos de temperaturas más altas pueden desencadenar rápidamente la progresión de los ataques.
3. Las progresiones y regresiones de la velocidad de evolución de Sigatoka negra en el campo están altamente correlacionadas con la intensidad y duración de la lluvia y la intensidad de la humectación de las hojas acumulada durante 10 y 14 días entre 4 y 6 semanas antes para los bananos y 5 y 7 semanas antes para los plátanos.
4. La alta correlación entre la lluvia, humectación y los cambios en la evolución de la enfermedad está determinada por el efecto de estos factores sobre la disponibilidad y la germinación del inóculo ascospórico y conidial y la infección de las hojas.
5. Estas relaciones pueden ser utilizadas a nivel local para la determinación de los momentos más idóneos de realizar los tratamientos.

## BIBLIOGRAFIA

1. Fouré, E., 1988. Stratégies de lutte contre la Cercospora noire des bananiers et des plantains provoqué par *Mycosphaerella fijiensis* Morelet. L'avertissement biologique au Cameroun. Evaluation des possibilités de amélioration. Fruits 43, 269-274.
2. Ganry, J., 1978 a. Calcul des sommes de vitesses de développement et des températures moyennes journalières à partir minimum et du maximum journalières de température sous climats tropical et équatorial. Fruits 33, 221-236.
3. Ganry, J., 1978b. Quelques précisions concernent l'action de la température sur la vitesse de développement de la Cercosporiose du bananier. Conséquence pour l'application à l'avertissement. Fruits 34, 235-244.
4. Gauhl F. 1994. Epidemiology and ecology of Black Sigatoka on plantain and banana (*Musa spp.*) in Costa Rica, Centro América. Ph D. Thesis of the Systematisch - Geobotanische- Institut der Georg - August- Universität Göttingen and Institut für Pflanzenpathologie und Pflanzenschutz der Georg - August- Universität Göttingen. INIBAP.
5. Jácome, L.H., Schuh, W. and Stevenson, R.E., 1991. Effect of temperature and relative humidity on germination and germ tube development of *Mycosphaerella fijiensis* var. *difformis*. Phytopathology 81, 1480-1485.
6. Jiménez, F., Tapia, A.C., Gribuis, N. et Escalant, J.V., 1994. Relation entre la durée de la pluie et le développement de la Cercosporiose noir sur la banane et le plantain. Proposition d'un système d'avertissement biométéorologique. Fruits 50, 87-99.
7. Mourichon, X. et Zapater, M.F., 1990. Obtention in vitro du stade *Mycosphaerella fijiensis*, forme parfaite de *Cercospora fijiensis*. Fruits 45, 553 - 557.
8. Pérez, L., Hernández, A. and Mauri, F., 1993a. Efficacy of a biological warning system for timing fungicide treatments for the control of black Sigatoka disease *Mycosphaerella fijiensis* Morelet in banana plantations in Cuba. Proceedings VII International Congress of Plant Pathology. Montreal. Jul. 28 - Ago 5.
9. Pérez, L., Mauri, F., Barranco, B. and García, G., 1993 b. Efficacy of EBI's fungicides in the control of *Mycosphaerella fijiensis* Morelet of bananas and plantains with treatments based on stage of evolution of the disease ( biological warnings) in Cuba. Proceedings VII International Congress of Plant Pathology. Montreal. Jul. 28 - Ago 5.
10. Perez, L., Alvarez, J.M. and Pérez, M., 2002. Economic impact and management of black leaf streak disease in Cuba. In: *Mycosphaerella* leaf spot diseases of bananas: present status and outlook. Proceedings of the Second International Workshop on *Mycosphaerella* leaf spots diseases held at San José Costa Rica. Ed. Jácome. L., Lepoivre, P., Marin, D., Ortiz, R., Romero, R., and Escalant, J.V. Pp. 71-84
11. Stover, R.H., 1983. The effect of temperature on ascospores germinative tube growth of *Mycosphaerella musicola* and *Mycosphaerella fijiensis* var. *difformis*. Fruits 38, 625 - 628.



## RESISTÊNCIA DE GENÓTIPOS DE BANANEIRAS A SIGATOKA AMARELA SOB CULTIVO ORGÂNICO

### GENOTYPE RESISTANCE TO YELLOW SIGATOKA OF BANANAS UNDER ORGANIC CULTIVATION

Luiz Augusto Martins Peruch<sup>1</sup> & Márcio Sônego<sup>2</sup>

#### SUMMARY

This experiment evaluated resistance of 21 genotypes of banana to Yellow Sigatoka under organic cultivation in south of Brazil. Severity index (ISD) and Youngest Leaf Diseased (YDS) were evaluated in February of 2004-2006. Data were evaluated in a block in random design with three repetitions. Resistance of genotypes in organic system was similar to conventional system. "Nam", "Maçã Tropical", "Figo Cinza", "Thap Maeo", "Pioneira" and "Figo" were considered resistant; "FHIA-01" and "Ouro da Mata" showed medium resistance. "Catarina", "Ouro", "Prata", "Willians", "Enxerto", "Grande Naine", "Fig Pomme Naine", "Nanicão", "Pacovam", "Nanica", "Nanicão Corupá", "SH 3640" and "Branca" were highly susceptible to Yellow Sigatoka.

**Keywords:** *Mycosphaerella musicola*, *Pseudocercospora musae*, South of Brazil, disease, management

#### INTRODUÇÃO

A cultura da bananeira tem lugar de destaque na fruticultura Catarinense. Dentre as frutas, a banana apresenta a maior área cultivada com 30.060 hectares, envolvendo pelo menos 27.000 produtores de forma direta (EPAGRI, 2005). No Litoral Sul Catarinense, a cultura ocupa cerca de 8.500 hectares, sendo a segunda maior região produtora do Estado (Sônego, 2003). Estima-se que 80% dos bananais da região são formados pelas cultivares Branca e Enxerto, pertencentes ao subgrupo Prata, que apresentam maior adaptação ao clima local. O cultivo orgânico de banana, por sua vez, envolve cerca de 87 produtores em todo Estado, sendo a principal fruta em volume de produção e de comercialização (Oltramari et al., 2002).

O cultivo orgânico da bananeira apresenta uma série de particularidades inerentes ao sistema de produção. Fungicidas, inseticidas e herbicidas não podem ser aplicados para controlar doenças, pragas e plantas daninhas. Por estes motivos, existem inúmeros desafios em relação à questão fitossanitária da bananeira a serem superados a fim de viabilizar a produção orgânica.

A Sigatoka Amarela, causada pelo fungo *Mycosphaerella musicola* Leach (anamorfo *Pseudocercospora musae* Zimm. Deighton), é uma das principais doenças da cultura em Santa Catarina (Sonego et al., 2003). Na região do Litoral Sul Catarinense, em propriedades acompanhadas pelo sistema de monitoramento da sigatoka, geralmente são necessários cerca de 3-6 pulverizações anuais no sistema convencional para se obter um controle adequado da doença. Segundo a literatura, caso não se adotem medidas de controle, estima-se que as perdas sejam de 50% (Cordeiro et al., 2005). A Sigatoka Amarela também causa perdas significativas no sistema orgânico de produção. Desfolha, cirurgia de folhas doentes, manejo das plantas espontâneas e condução correto do bananal são alguns dos métodos de controle recomendados para o manejo da doença sob cultivo orgânico (Frison & Sharrock, 2000). Dentre estes, o emprego de cultivares resistentes certamente merece destaque. Contudo, informações sobre o comportamento dessas cultivares sob cultivo orgânico são escassas na literatura. Por este motivo, o presente trabalho avaliou o comportamento de cultivares de banana em relação à Sigatoka Amarela sob cultivo orgânico nas condições do Litoral Sul Catarinense.

#### MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi instalado e conduzido na Estação Experimental de Urussanga da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina S.A. (EPAGRI), em Urussanga – SC (S 28° 31' - O 49° 19'; altitude: 48 m), desde 2001. O clima da região é Subtropical Úmido com Verão Quente (Cfa), segundo a classificação de Koeppen. A temperatura média anual é de 19,4°C, oscilando de 14,6°C,

<sup>1</sup> EPAGRI / Estação Experimental de Urussanga, Rod. SC 446 km 14, Caixa Postal 49, Urussanga, SC, Cep 88840-000, E-mail: lamperuch@epagri.rct-sc.br.

<sup>2</sup> EPAGRI / Estação Experimental de Urussanga, Rod. SC 446 km 14, Caixa Postal 49, Urussanga, SC, Cep 88840-000, E-mail: sonego@epagri.rct-sc.br.

em junho, a 24,1°C, em fevereiro. A precipitação total anual é de 1.624 mm, com chuvas bem distribuídas ao longo do ano e sem estação seca definida. A umidade relativa do ar média anual é de 80%, oscilando de 76%, em dezembro, a 83%, em junho, com freqüente formação de orvalho, principalmente no outono, inverno e primavera.

O plantio das mudas foi feito no espaçamento 2,5 x 2,5m, em 21 filas com doze plantas, ocupando uma área total de 1.575 m<sup>2</sup>. O solo é do tipo argissolo vermelho-amarelo originário de diabásio. O preparo da área foi feito por roçada, seguida da abertura de covas. Cada cova recebeu 500g de calcário dolomítico e quatro Kg de cama de aviário curtida. O manejo das plantas espontâneas foi feito por roçadas manuais e coroamento das bananeiras com capina manual. Posteriormente, foram feitas quatro aplicações de quatro litros de cama de aviário curtida em meia-lua e a 50cm do filhote, e duas aplicações de 1.000Kg/ha de calcário dolomítico. As famílias foram conduzidas no sistema mãe-filha-neta, sendo efetuados desbrotes e corte de folhas secas quando necessário. Os genótipos de bananeira testados encontram-se na Tabela 1. Não foram utilizados adubos químicos solúveis, nem agrotóxicos para controle de pragas e doenças durante a condução do experimento.

Neste experimento foram avaliadas duas variáveis: a severidade da Sigatoka Amarela e a primeira folha necrosada (PFN). A severidade da doença foi quantificada em todas as folhas das plantas mães de cada cova, excetuando-se as bordaduras, com auxílio de escala diagramática para o Mal-de-Sigatoka com notas variando de 0 a 6 (Carlier *et al.*, 2002). Os dados de severidade foram utilizados para determinação da intensidade de severidade da doença (ISD), calculada pela expressão  $ISD = \Sigma x/n$ , onde  $\Sigma x$  é o somatório da severidade nas folhas e  $n$  é o número de folhas na planta. A variável PFN também foi determinada com base nessa avaliação. As parcelas foram compostas por 12 covas, considerando-as as plantas laterais como bordaduras. A doença foi avaliada no mês de fevereiro no período de 2004-2006, sendo que não houve necessidade de inoculação da doença. Os dados foram avaliados no esquema de blocos ao acaso com três repetições, sendo cada ano considerado como repetição. Os dados de ISD foram transformados pra log (x), sendo submetidos à análise de variância e ao teste de separação de médias de Scott-Knot ao nível de 5% de probabilidade.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na avaliação de ISD destacaram-se, em ordem crescente de valores, os seguintes genótipos: "Nam", "Maçã tropical", "Figo Cinza", "Thap Maeo", "Pioneira", "Figo", "FHIA-01" e "Ouro da Mata". Já "Thap Maeo", "Nam", "Maçã Tropical", "Figo Cinza", "Pioneira" e "Figo" foram os que apresentaram maiores valores de PFN. De acordo com a análise estatística das variáveis, ISD e PFN, foi possível classificar os genótipos em três grupos: altamente resistentes, medianamente resistentes e altamente suscetíveis. Neste trabalho foram consideradas como altamente resistentes, aquelas que se diferenciaram estatisticamente para as duas variáveis; medianamente resistentes, as que se destacaram para uma variável; altamente suscetíveis, aquelas que não se diferenciaram para nenhuma das variáveis. Deste modo classificaram-se como altamente resistentes: Figo, Figo Cinza, Maçã Tropical, Nam, Thap Maeo e Pioneira. A pequena variação obtida nos genótipos resistentes está de com o que foi verificado por outros pesquisadores (Cordeiro *et al.*, 2003). As medianamente resistentes foram FHIA-01 e Ouro da Mata. E as consideradas altamente suscetíveis a Sigatoka Amarela foram Catarina, Ouro, Prata, Willians, Enxerto, Grande Naine, Fig Pomme Naine, Nanicão, Pacovam, Nanica, Nanicão Corupá, SH 3640 e Branca.

Tabela 1. Comportamento de genótipos de banananeira em relação à intensidade da Sigatoka Amarela (*Mycosphaerella musicola*) sob cultivo orgânico. EPAGRI/EEUr/2006.

| Genótipo              | Intensidade da doença <sup>(1)</sup> |                    | Nível de resistência |
|-----------------------|--------------------------------------|--------------------|----------------------|
|                       | ISD <sup>(2)</sup>                   | PFN <sup>(3)</sup> |                      |
| Catarina (AAB)        | 13,1 a                               | 5,1 b              | AS                   |
| Ouro (AA)             | 11,7 a                               | 5,5 b              | AS                   |
| Prata (AAB)           | 10,2 a                               | 6,2 b              | AS                   |
| Williams (AAA)        | 9,5 a                                | 6,0 b              | AS                   |
| Enxerto (AAB)         | 9,3 a                                | 6,6 b              | AS                   |
| Grande Naine (AAA)    | 7,9 a                                | 6,0 b              | AS                   |
| Fig Pomme Naine (AAB) | 7,5 a                                | 7,3 b              | AS                   |
| Nanicão (AAA)         | 7,1 a                                | 5,5 b              | AS                   |
| Pacovan (AAB)         | 6,3 a                                | 5,6 b              | AS                   |
| Nanica (AAA)          | 6,0 a                                | 6,7 b              | AS                   |
| Nanicão Corupá (AAA)  | 5,5 a                                | 5,8 b              | AS                   |
| SH-3640 (AAAB)        | 5,4 a                                | 5,4 b              | AS                   |
| Branca (AAB)          | 4,8 a                                | 6,8 b              | AS                   |
| Ouro da Mata (AAAB)   | 3,2 b                                | 6,9 b              | MR                   |
| FHIA-01 (AAAB)        | 2,8 b                                | 7,0 b              | MR                   |
| Figo (ABB)            | 0,8 b                                | 8,2 a              | AR                   |
| Pioneira (AAAB)       | 0,6 a                                | 8,3 a              | AR                   |
| Thap Maeo (AAB)       | 0,5 b                                | 9,5 a              | AR                   |
| Figo Cinza (ABB)      | 0,3 b                                | 8,5 a              | AR                   |
| Maçã Tropical (AAAB)  | 0,2 b                                | 9,1 a              | AR                   |
| Nam (AAA)             | 0,1 b                                | 9,3 a              | AR                   |

<sup>(1)</sup>Médias seguidas de letras diferentes são diferentes segundo teste de Scott-Knot ao nível de 5% de probabilidade.

<sup>(2)</sup>Índice de severidade da doença (ISD) calculado com base na fórmula  $ISD = (\sum b/N)$ , sendo  $\sum b$  = somatório de notas atribuídas as folhas e N = número total de folhas

<sup>(3)</sup>Primeira folha necrosada (PFN) é o valor referente à folha mais jovem com sintomas da doença

Alguns genótipos avaliados neste estudo em relação a resistência à Sigatoka Amarela foram analisados por Cordeiro *et al.* (1999). “Nanicão” e “Pacovan”, considerados suscetíveis (Cordeiro *et al.*, 1999), comportaram-se como o esperado sob cultivo orgânico, pois apresentaram baixa resistência a doença. “Pioneira” e “Maçã Tropical” apresentaram-se como altamente resistentes, o que está de acordo com a avaliação de Cordeiro *et al.* (2003). Os resultados obtidos também estão de acordo com os verificados sob cultivo convencional em Santa Catarina (EPAGRI, 2006). “Nam”, “Maçã Tropical” e “Thap Maeo” são consideradas altamente resistentes e “FHIA-01” comportou-se como moderadamente resistente. Os demais genótipos apresentaram resposta similar aos dados de literatura (Cordeiro *et al.*, 2005). “Prata”, “Prata anã” (Enxerto), “Nanica”, “Grande Naine” foram altamente suscetíveis à doença, enquanto que a “Figo” foi resistente (Cordeiro *et al.*, 2005).

Estudos sobre a natureza da resistência da bananeira à Sigatoka Amarela de alguns genótipos têm demonstrado esta é basicamente vertical (Cordeiro *et al.*, 2003; Cordeiro & Matos, 2005). Segundo Cordeiro & Matos (2005), o tipo de resposta sintomática observada, lesões em forma de pontos ou estrias pouco perceptíveis, bem como a variância de virulência dos isolados inoculados caracterizam a resistência vertical dos genótipos. A intensidade da doença verificada nos diferentes genótipos neste experimento corroboram com estas afirmações. “Nam”, “Maçã Tropical”, “Pioneira” e “Figos” apresentaram severidades praticamente desprezíveis, abaixo de 1%. Todavia, deve-se ressaltar que tal fato não implica em não ocorrência da resistência horizontal nos genótipos avaliados, o que é preferível para plantas perenes de origem tropical (Vanderplank, 1968). Isto evitaria a perda de resistência que já ocorreu na “Pioneira” em outras regiões do Brasil, mas não observado neste experimento, conforme apontam outros trabalhos (Cordeiro *et al.*, 1999; Abreu *et al.*, 2004). Em um ensaio para avaliar a virulência de *Mycosphaerella musicola*, Abreu *et al.* (2004) comprovaram a quebra da resistência da Pioneira e Terra com isolados do patógeno oriundos dos Estados da Bahia e de Minas Gerais.

Os resultados indicam duas alternativas para manejo da Sigatoka Amarela no cultivo orgânico de banana: primeira é o controle pelo uso de genótipos resistentes e a segunda o plantio de genótipos suscetíveis, mas com adoção de outras práticas de controle. O uso de genótipos resistentes reduziria

as perdas e a mão-de-obra pela adoção do princípio de controle genético, mas tem-se que buscar um mercado específico, pois vários autores já apontaram dificuldades de aceitação do mercado por frutas com características diferentes da Caturra e Prata (Frison & Sharrock, 2000). Dos genótipos testados crê-se que os materiais com maior potencial de mercado são "FHIA 01", "Maçã Tropical" e "Nam".

## CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos concluiu-se que:

- O comportamento de resistência a Sigatoka Amarela dos genótipos de bananeira sob cultivo orgânico foi semelhante ao do cultivo convencional;
- Os genótipos Figo, Figo Cinza, Maçã Tropical, Nam, Thap Maeo, Pioneira, FHIA-01 e Ouro da Mata são adequados para cultivo orgânico no Litoral Catarinense por apresentar um nível de resistência satisfatório a Sigatoka Amarela;
- Catarina, Ouro, Prata, Willians, Enxerto, Grande Naine, Fig Pomme Naine, Nanicão, Pacovam, Nanica, Nanicão Corupá, SH 3640 e Branca podem ser cultivados, mas com adoção de outras práticas de controle.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABREU, K.C.L. de M.; CORDEIRO, Z.J.M.; SANTOS FILHO, H.P. dos; CALDAS, R.C. 2004. Variabilidade patogênica em isolados do agente causal da Sigatoka amarela da bananeira. In: CBF Eighteenth Brazilian Congress. Brazil. CD-ROM.
2. CARLIER, J.; WAELE, D. de; ESCALANT, J.V. 2002. Global evaluation of Musa Germoplasm for resistance to Fusarium wilt, Mycosphaerella leaf spot diseases and nematodes. INIBAP Technical Guidelines 6, INIBAP: Paris, 55p.
3. CORDEIRO, Z.J.M.; KIMATI, H.; DIAS, C.T. dos S. 1999. Resistência de genótipos de bananeira ao mal-de-sigatoka. Summa Phytopathologica, 25, 318-324.
4. CORDEIRO, Z.J.M.; MATOS, A.P. de. 2005. Expressão de resistência de variedades de banana à Sigatoka Amarela. Fitopatologia Brasileira, 30, 532-534.
5. CORDEIRO, Z.J.M.; MATOS, A.P. de.; SILVA, S. de O.; FERREIRA, D.M.V. 2003. Avaliação de genótipos tetraplóides de bananeira à Sigatoka Amarela. Fitopatologia Brasileira, 28 (supl.) S268.
6. CORDEIRO, Z.J.M.; MATOS, A.P.; KIMATI, H. 2005. Doenças da bananeira. In: Manual de Fitopatologia. KIMATI, H. et al. (Ed.). São Paulo, SP. v.2, p.99-117.
7. EPAGRI. 2006. Avaliação de cultivares para o Estado de Santa Catarina 2005/2006. 159p. (Boletim técnico, 127).
8. EPAGRI. 2005. Síntese anual da agricultura de Santa Catarina 2004-2005. Florianópolis: EPAGRI, CD-ROM.
9. FRISON, E.A.; SHARROCK, S. 2000. The potencial for use of disease-resistance varieties as organic banana. In: Organic banana 2000: Towards an organic banana initiative in the Caribbean. Report of the Internacional workshop on the production and marketing of organic bananas by smallholder farmers. International network for the improvement of banana and plantain, Montpellier, France. Pp. 143-150.
10. OLTRAMARI, A.C.; ZOLDAN, P.; ALTMANN, R. 2002. Agricultura orgânica em Santa Catarina. Florianópolis: Instituto Cepa. 55p.
11. SÔNEGO, M.; BRANCHER, A.; MADALOSSO, C.; ZEN, L.C. A fruticultura do litoral sul de Santa Catarina. Agropecuária Catarinense, 16, 2003.
12. VANDERPLANK, J.E. 1968. Disease resistance in plants. New York: Academic Press, 206p.

## SENSIBILIDAD A FUNGICIDAS EN POBLACIONES DE *Mycosphaerella fijiensis* Morelet. ANÁLISIS EN LATINOAMERICA.

### SENSITIVITY TO FUNGICIDES IN *Mycosphaerella fijiensis* Morelet. LATIN AMERICAN OVERVIEW.

Marcial Ernesto Guzmán<sup>1</sup>; Helge Sierotzki<sup>2</sup> & Susan Knight<sup>3</sup>

#### SUMMARY

Sensitivity monitoring data are very important to guide fungicide resistance management recommendations. A responsible resistance management is essential for ensuring economic and sustainable banana production. High frequencies of Qol's (strobilurins) resistance continue being detected in farms in Costa Rica, Panama and most recently in Colombia. Ending 2003, low to moderate resistance levels were observed in some farms in Guatemala (Atlantic coast only), and continue being detected up to date. More recently, ending 2005 low to moderate Qol's sensitivity shifts were detected in Belize. Monitoring results to date indicate that resistance is absent in Honduras, Ecuador and pacific coast of Guatemala. Recent monitoring data indicated a stabilization in 14-DMI sensitivity during the last year. However, there was considerable variation in sensitivity values among farms, with a tendency towards lower sensitivity in the regions with highest disease pressure, most noticeably in Costa Rica, but the 14-DMI fungicides continue to be a valuable tool for Sigatoka control. *Mycosphaerella fijiensis* populations in Ecuador and Colombia are more sensitive to 14-DMIs than those of Central America. An effective anti-resistance strategy must be followed in order to protect the fungicidal performance. Disease management practices that reduce inoculum levels will minimize the proliferation of isolates with reduced sensitivity. Programs that include all of the available tools for the control of Sigatoka should be incorporated, according to FRAC guide lines.

**Keywords:** Black Sigatoka, banana, monitoring, changes in sensitivity, inoculate, populations, handling of resistance.

**Palabras clave:** Sigatoka negra, banano, monitoreo, cambios en sensibilidad, inóculo, poblaciones, manejo de resistencia.

#### INTRODUCCIÓN

La Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) es una de las enfermedades que requiere el mas intensivo uso de fungicidas para su control (2,3).

La reducción en la sensibilidad del agente causal de la Sigatoka negra a los ingredientes activos de los fungicidas con sitio de acción específico ha venido proliferando (2) y constituye uno de los principales problemas en el diseño de los programas para el control eficaz de esta devastadora enfermedad. Un efectivo y responsable manejo de la resistencia es vital para preservar la efectividad de los fungicidas sitio-específicos y asegurar una económica y sostenible producción de banano (1).

El monitoreo de los cambios en sensibilidad *in vitro* es muy importante y su propósito es proveer un aviso temprano antes de que la eficacia de los fungicidas se vea afectada a nivel de campo. Syngenta ha implementado a nivel global un programa de monitoreo de sensibilidad a sus fungicidas sitio-específicos usados actualmente en la producción comercial de banano, con el objetivo de detectar oportunamente cambios significativos en la sensibilidad a los 14-DMI's y determinar la frecuencia de la resistencia a los Qol's.

El presente informe presenta las tendencias en la sensibilidad de *M. fijiensis* a los fungicidas DMI y Qol en fincas representativas de los principales países productores de banano de exportación en América Latina. Dichos resultados deberán ser considerados en la toma de decisiones para reforzar o modificar las actuales recomendaciones para el manejo de la enfermedad y para el manejo de la resistencia a fungicidas con sitio de acción específico.

<sup>1</sup> Gerente Técnico Banano. Syngenta Andinos, Caribe y Centroamérica, 5ª. Av. 5-55 zona 14, Europlaza, torre 3, nivel 8, Guatemala, Centroamérica. Tel (502) 2421-7000; Fax (502) 2421-7005; E-mail: [marcial.guzman@syngenta.com](mailto:marcial.guzman@syngenta.com)

<sup>2</sup> Team Leader Resistance. Syngenta Crop Protection AG, Research Biology, 4332 Stein, Switzerland.  
E-mail: [helge.sierotzki@syngenta.com](mailto:helge.sierotzki@syngenta.com)

<sup>3</sup> Fungicides Development Manager APAC. Syngenta Asia Pacific Pte. Ltd. 250 North Bridge Road, # 39-00 Raffles City Tower, Singapore 179101. E-mail: [susan.knight@syngenta.com](mailto:susan.knight@syngenta.com)



## MATERIALES Y METODOS

Muestras de tejido necrótico conteniendo abundantes pseudotecios de *M. fijiensis* fueron colectadas tanto en fincas comerciales como en zonas silvestres (sitios sin exposición a fungicidas considerados como líneas base) y llevadas a laboratorios idóneos para el respectivo monitoreo de sensibilidad *in vitro*, siguiendo los procedimientos estándar delineados en FRAC-Grupo Banano.

Ascosporas fueron descargadas sobre agar-agua enmendado con las siguientes concentraciones del fungicida:

Propiconazole: 0, 0.03, 0.1, 0.3, 1 y 3 ppm i.a. (finca); 0, 0.003, 0.01, 0.1 y 1 ppm i.a. (línea base)

Difenoconazole: 0, 0.003, 0.01, 0.03, 0.1 y 1 ppm i.a. (finca); 0, 0.0003, 0.001, 0.003, 0.01, 0.03 ppm i.a (línea base)

Azoxistrobina: 0, 1 y 10 ppm i.a. (finca y línea base)

Para determinar la sensibilidad del hongo a los fungicidas 14-DMI, se midió la longitud del tubo germinativo en las ascosporas germinadas en cada concentración del fungicida y se calculó el valor  $EC_{50}$ .

En el caso de azoxistrobina, se midió la longitud del tubo germinativo de las ascosporas, anotando cero crecimiento en las esporas no germinadas. De acuerdo a FRAC, las esporas con tubos germinativos con longitud superior a 150 micras en la dosis discriminatoria (10 ppm i.a.) fueron consideradas como resistentes.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la gráfica número 1, se aprecia el historial de sensibilidad a propiconazole a través de los últimos seis años. La sensibilidad está expresada como un valor medio anual de los valores  $EC_{50}$  obtenidos en las sub-poblaciones evaluadas.

Existe una significativa variación en los valores  $EC_{50}$  entre las diversas fincas, con una tendencia hacia una menor sensibilidad en las zonas de mayor precipitación pluvial donde la presión de la enfermedad es mas alta y su manejo es mas difícil de implementar. La sensibilidad a propiconazole se estabilizó hacia 1998-99 en la mayoría de países centroamericanos. Durante el 2003 y 2004 se apreció una ligera recuperación en algunas fincas en Belice, Honduras y Guatemala.

Situación opuesta se apreció en los primeros meses del 2004 en algunas fincas de Costa Rica y Ecuador, donde se detectó alguna reducción en la sensibilidad del hongo, situación que de nuevo se estabilizó durante el 2005.

En la gráfica número 2, se aprecia el historial de sensibilidad a difenoconazole en los diferentes países durante similar período de evaluación. El difenoconazole constituye la molécula mas activa entre los triazoles de uso comercial, situación que se aprecia tanto en las muestras provenientes de fincas comerciales como en las áreas silvestres consideradas como líneas base. Se aprecia una fuerte correlación entre las tendencias de sensibilidad reflejadas por difenoconazole y propiconazole lo que confirma un alto grado de resistencia cruzada entre los diferentes miembros de la familia de los triazoles.

Costa Rica constituye el país con las más extremas condiciones de presión de Sigatoka negra y, por lo tanto, de mayor uso de fungicidas y consecuentes cambios en la sensibilidad de *M. fijiensis* a los triazoles.

La sensibilidad a fungicidas DMI es satisfactoria y permanece relativamente estable en las poblaciones de *M. fijiensis* provenientes de Belice, Guatemala, Honduras, Ecuador y Colombia.

Difenoconazole continúa siendo una valiosa herramienta para el control eficaz de la enfermedad a nivel de campo, en todas las regiones productoras de banano de exportación a nivel global.

En la grafica número 3, se presenta el historial de sensibilidad a azoxistrobina en los últimos 6 años. La sensibilidad está expresada como la frecuencia de esporas resistentes detectadas a través de los monitoreos *in vitro*.

Altos niveles de resistencia continúan detectándose en gran parte de las fincas de la zona atlántica de Costa Rica, principalmente hacia los cantones de Sarapiquí, Pococí y Guácimo, lo que indica frecuencias de resistencia estables en la familia de las estrobilurinas. Similar situación se ha detectado en la mayor parte de las fincas analizadas en Panamá.

A finales del 2003, bajos a moderados niveles de resistencia se detectaron en varias fincas ubicadas en la costa atlántica de Guatemala y Colombia. La situación ha permanecido estable en el atlántico de Guatemala, mientras que en Colombia la resistencia a estrobilurinas ha proliferado durante el 2004 y

2005, situación que llevó a la suspensión temporal en las aplicaciones comerciales de esta familia de fungicidas en ese país.

Monitoreos realizados en el primer trimestre del 2006 permitieron detectar bajos a moderados niveles de resistencia a estrobilurinas en algunas fincas de Belice. Un adecuado y oportuno manejo del inóculo y la integración de un estricto programa de fungicidas protectantes, donde el clorotalonil juega un importante papel, ha permitido mantener un control satisfactorio de la enfermedad y una reducción en la frecuencia de esporas resistentes a Qol's, según monitoreos recientes.

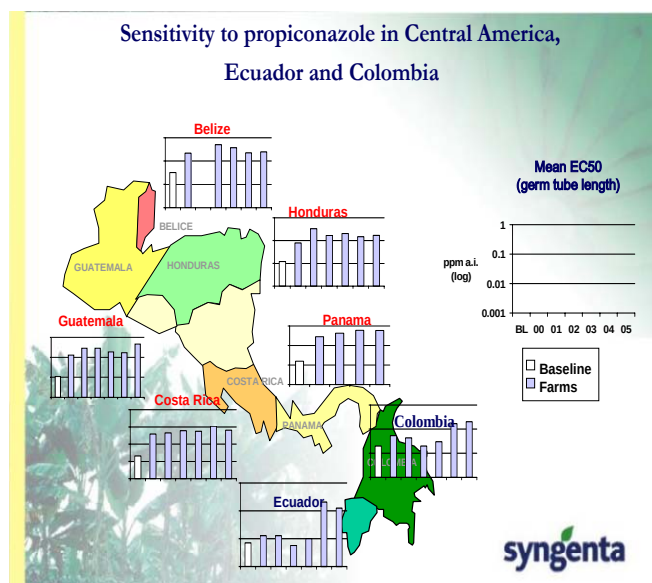
Hasta el momento, no se han detectado cambios significativos en la sensibilidad a Qol's en la costa sur de Guatemala, Honduras y Ecuador.

## CONCLUSIONES

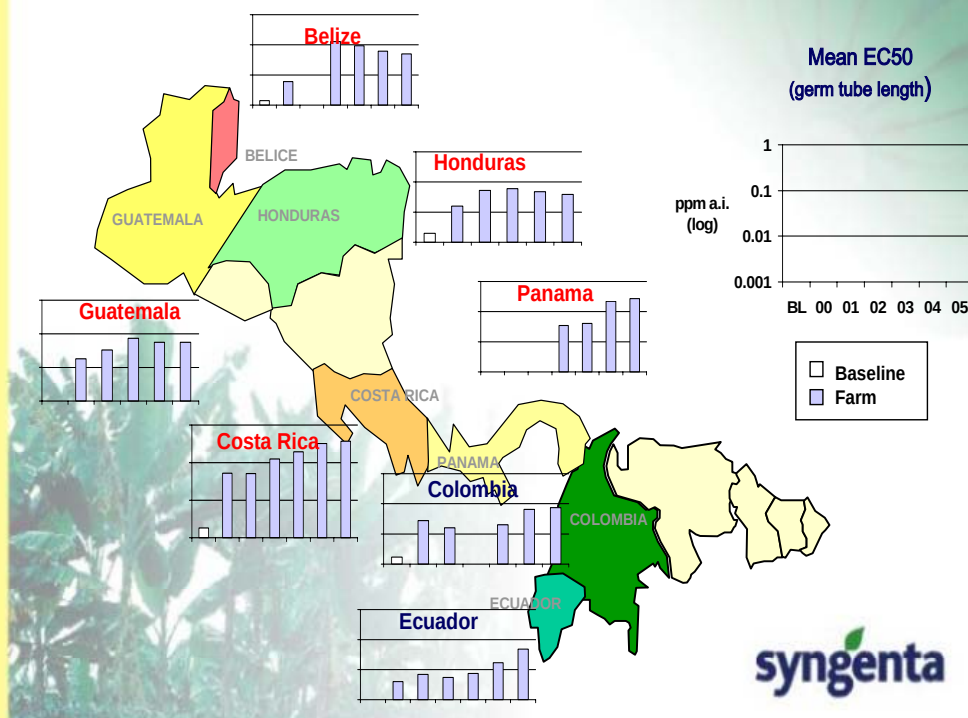
1. Aunque la situación en la sensibilidad a fungicidas DMI se ha manifestado relativamente estable en el último año, una tendencia hacia el incremento en los valores  $EC_{50}$  se ha detectado principalmente en algunas fincas en Costa Rica.
2. Sin embargo, los fungicidas DMI continúan siendo una herramienta muy valiosa en los programas de control de Sigatoka negra en Latinoamérica y a nivel global.
3. Existe una significativa variabilidad en los niveles de sensibilidad a DMI's y Qol's entre las fincas evaluadas en el mismo país. La presión de selección y las condiciones intrínsecas en cada finca influyen su nivel de sensibilidad.
4. No se espera una rápida recuperación en la sensibilidad a Qol's en fincas o zonas con alta frecuencia de esporas resistentes.
5. Todas las medidas que permitan mantener bajos los niveles de inóculo en la plantación contribuirán también, sin duda, a minimizar la proliferación de las esporas menos sensibles.
6. Los fungicidas con sitio de acción múltiple constituyen una excelente herramienta en el manejo de la enfermedad, por lo que es muy importante integrarlos en los programas de control de Sigatoka.
7. La mezcla de fungicidas con sitio de acción específico con otros de diferente modo de acción, constituye una valiosa estrategia en el manejo de la resistencia.

## BIBLIOGRAFÍA

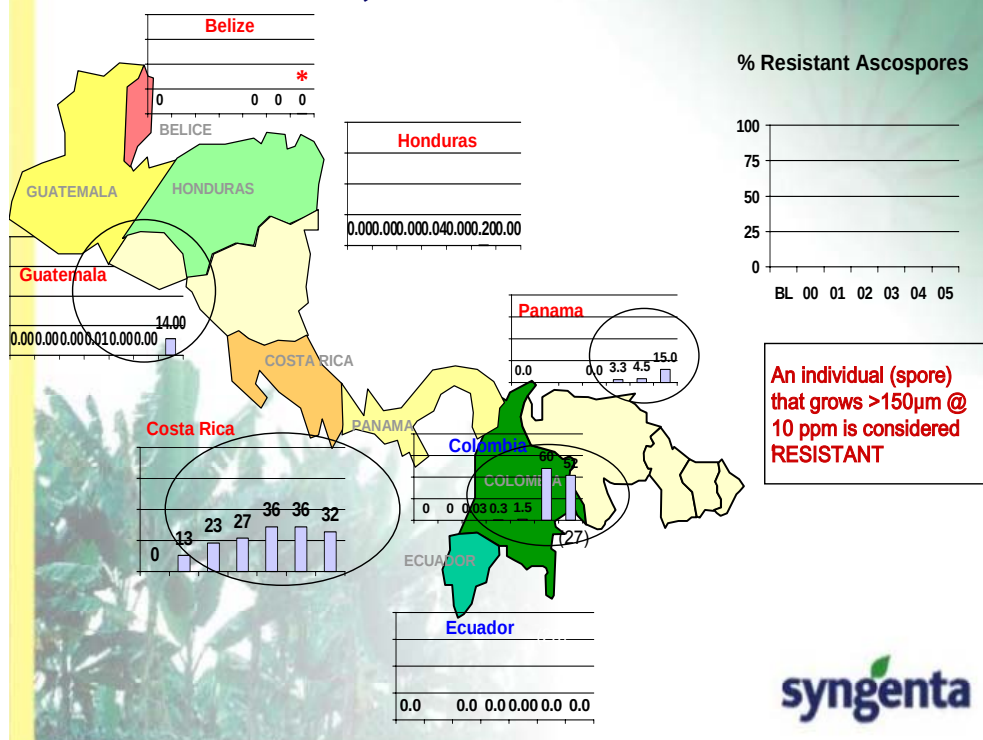
1. Brent, K.J. (1995). Fungicide Resistance in Crop Pathogens: How can it managed? FRAC monograph No. 1. GIFAP, Brussels.
2. Guzmán, M (2002). Situación de la Sigatoka negra en Costa Rica y opciones para el manejo de la enfermedad. ACORBAT, 15ª. Reunión. Colombia.
3. Knight, S. (2003). Syngenta Global Banana Workshop. Informe interno. Costa Rica.
4. Guzmán M.E. and Sierotzki H. (2006). FRAC Bananas Meeting, Orlando, Florida, Febrero 1 y 2. Información presentada por Syngenta.



## Sensitivity to difenoconazole in Central America, Ecuador and Colombia



## Sensitivity to azoxystrobin in Central America, Ecuador and Colombia



## **SIGATOKA NEGRA EN VENEZUELA, REPORTE AÑO 2005: Breve análisis**

### **BLACK SIGATOKA IN VENEZUELA, REPORT YEAR 2005: Brief analysis**

Gustavo Martinez Solorzano<sup>1</sup>; Hernández Julitt<sup>2</sup>; Blanco Geomar<sup>2</sup>; Pargas Rafael<sup>1</sup> & Manzanilla Edward<sup>1</sup>.

#### **RESUMEN**

Este trabajo fue realizado con la finalidad de dar a conocer la situación de la sigatoka negra, *Mycosphaerella fijiensis* en Venezuela hasta el año 2005, los factores que han contribuido con su diseminación y severidad, así como recientes cambios en los sistemas de producción. Esta enfermedad fue reportada por primera vez en 1991, afectando los cultivos de plátano y banano. Las principales zonas productoras fueron identificadas, y se estudiaron sus datos climatológicos, que fueron relacionados con la enfermedad. Se realizaron encuesta entre los productores, para conocer detalles del manejo de los cultivos y otros factores, que han contribuido con la diseminación de la enfermedad. Se observó, que las zonas productoras mas afectadas, presentan precipitación cercana a 1500 mm/año, humedad relativa 80% y temperatura de 28 °C. Adicionalmente, la acción del hombre ha contribuido con el incremento de su velocidad de diseminación. Su presencia en Venezuela, además de haber originado incremento en los costos de producción e impacto en la producción de los cultivos, ha contribuido a generar cambios en el sistema de producción tradicional, observándose tendencia a aumentar la densidad de siembra y manejo anual (cultivo de plátano), y eficiencia en la aplicación de practicas culturales básicas (deshije, desbajado, entre otras), contribuyendo con mejoras en los rendimientos.

Palabras Claves: Sigatoka negra, diseminación Venezuela, banano, plátano.

#### **SUMMARY**

The aim of this work was to illustrate the situation of black sigatoka, *Mycosphaerella fijiensis* in Venezuela until the year 2005; including the factors that contributed with its dissemination and severity. The recent changes in the production systems was also analyzed. The black sigatoka was reported by first time in Venezuela in 1991, affecting the production of banana and plantain. The principal producing zones were identified and its climatological information was studied, which were related to this disease. A survey was done among farmers to know details of agronomic crop management and other factors, which have contributed with the disease dissemination. The more affected zones of production are characterized by a rainfall near to 1500 mm / year, a relative humidity of 80 %, and temperature of 28 °C. The man action has contributed with the increase of disease dissemination. Its presence in Venezuela has originated an increase in the costs of production, affecting the banana and plantain production. Also, it has and contributed to generate changes in the traditional production system, being observed a trend to increase plant density and annual management in plantain, as well as the efficiency in the application of cultural basic practices such as dry leaves elimination, fertilization, which had contributed with yield improvements.

Key Words: black sigatoka, dissemination, Venezuela, Banano, Plantain

#### **INTRODUCCION**

Los cultivos de plátano y banano en Venezuela, aportan 36% del volumen total de frutas producidas (FAO,2006); siendo indicativo de su importancia en el desarrollo frutícola. La producción, esta basada en los clones plátano 'Hartón Gigante' (Musa AAB), banano subgrupo Cavendish (Musa AAA), variantes 'Williams', 'Grand Naine', 'Brasileiro', 'Pineo Gigante'; y en ultimo lugar 'Cambur Manzano', subgrupo Silk (Musa AAB). Estos cultivos han sido afectados drásticamente por la sigatoka negra, *Mycosphaerella fijiensis*, que desde su entrada al país, en 1991, ha originado impacto en los rendimientos; al causar necrosis foliar severa, con la consecuente reducción de la actividad fotosintética y disminución de la producción y calidad de la fruta, generando situaciones económicas, sociales,

<sup>1</sup> Instituto Nacional Investigaciones Agrícola. INIA-CENIAP. martinezgve@yahoo.es

<sup>2</sup> Instituto Nacional Investigaciones Agrícola. INIA-Yaracuy

ambientales, entre otras, que ha inducido a reorientar las tácticas para su control (Martínez et al, 2000; Pérez, 1996; Romero 2000).

Diversos parámetros relacionados con la sintomatología de la enfermedad, características del patógeno, intensidad de esporulación, variaciones del clima, entre otros, han sido utilizados para estudiar la incubación y desarrollo de la misma, permitiendo obtener un perfil sobre su comportamiento en diferentes condiciones agroecológicas, y definir su ruta de diseminación en el país (Martínez et al, 2000).

El objetivo de este trabajo fue dar a conocer la situación de la sigatoka negra en Venezuela hasta el año 2005, los factores que han contribuido con su diseminación y severidad, y rasgos generales sobre recientes cambios en los sistemas de producción en el país.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Las principales zonas productoras de plátano y banano en el país fueron identificadas y ubicadas. Con la finalidad de evaluar el desarrollo y estado de la enfermedad, se realizaron visitas constantes a estas zonas. Se estudiaron y analizaron datos climatológicos (precipitación, humedad relativa y temperatura), en una serie de 20 años (1987 - 1996<sup>1</sup>), de las zonas productoras mas importantes infectadas con el patógeno (Barinas, El Vigía, San Felipe, Maracay), y se relacionaron con la enfermedad y el entorno (accidentes geográficos), a fin de inferir sobre la influencia de estos factores en la distribución e intensidad de la enfermedad, y que han sido utilizados como criterios para establecer la ruta de diseminación del patógeno (Martínez et al, 2000).

Paralelamente, se realizaron encuesta entre los productores, para conocer detalles sobre manejo de los cultivos, grado de organización y otros elementos que permitan identificar los factores que han contribuido con la diseminación de la enfermedad. Se recolectaron muestras de hojas con síntomas típicos de la enfermedad, y se llevaron al laboratorio, para su análisis microscópico e identificación de las estructuras fúngicas observadas, y se compararon con las descritas para *Mycosphaerella fijiensis*.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las diferentes zonas productoras de plátano y banano del país se encuentran ubicadas en: 1) región occidental: estados Táchira, Barinas, Trujillo, Mérida y Zulia (los tres últimos conforman la zona sur del Lago de Maracaibo); 2) región centro occidental, estado Yaracuy; 3) región central, estados Carabobo y Aragua; 4) región oriental, estados Sucre, Monagas, Bolívar y Delta Amacuro; y 5) región sur, estado Amazonas.

Los reportes del Servicio Autónomo de Sanidad Agropecuaria, SASA, indican que la sigatoka negra fue detectada por primera vez en Venezuela en 1991, en el estado Zulia, municipio Catatumbo, al sur del Lago de Maracaibo (frontera con Colombia) (Martínez et al, 2000). Se presume que su entrada fue favorecida por restos de cosechas y material vegetal, arrastrados por las aguas del río Oro y Catatumbo, que tienen sus nacientes en Colombia, los cuales se unen en territorio venezolano, en el sur del Lago de Maracaibo. Entre 1992 y 1993, la enfermedad se detecto en zonas cercanas al pie de monte andino (zonas bajas de los estados Táchira, Mérida, Trujillo y parte de Barinas).

A pesar de las medidas de restricción y movilización de material vegetal desde estas zonas, en 1994, se reportó en el estado Yaracuy. En 1996, se indica su presencia en el estado Aragua. En mayo de 1997 la enfermedad se detecto en el estado Miranda; y en septiembre y noviembre del mismo año se reporta en los estado Monagas y Bolívar, respectivamente. A finales de 1999 e inicio del año 2000, su entrada a los estados Delta Amacuro y Amazonas era evidente. Los análisis de laboratorio de las muestras del material vegetal colectado, certifican la presencia del patógeno en todas las regiones mencionadas. Martínez (Martínez et al, 2000), en 1996, indicaba estas últimas zonas como de alto riesgo potencial, atribuido a la interacción de varios factores.

**Efecto factores Climáticos:** La relación entre humedad relativa, temperatura, precipitación, patógeno y los cultivos, han permitido establecer su ruta de diseminación y proyecciones sobre su movimiento en el país (Martínez et al, 2000).

Las zonas productoras por excelencia (sur del lago de Maracaibo, Barinas, Yaracuy, Miranda), se caracterizan por presentar precipitación mayor a 1500 mm/año, humedad relativa entre 80 a 82%, y

<sup>1</sup> Datos climatológicos suministrados por la Fuerza Aérea Venezolana (F.A.V), Ministerio del Ambiente (MARNR), Corporación Venezolana de Guayana (CVG), DANAC, Finca "Santa Isabel" (San Felipe), INIA.



temperatura promedio entre 25 y 28 °C; y han sido afectadas severamente por la enfermedad, indicando su relación con algunos factores climáticos (Gauhl, 1994). Su presencia en condiciones adversas implica disminución en la severidad, tal como se evidencia en Maracay (estado Aragua), donde se reportaron 922 mm/año de precipitación y 75% H.R, además de seis meses de sequía (Martínez et al, 2000).

**Efecto factores geográficos:** Accidentes geográficos como espejos de agua (lago de Maracaibo y Valencia, río Caroni, estado Bolívar), sumado a la condición fisiográfica del paisaje en cada zona, contribuyen con el incremento de la humedad relativa, favoreciendo el desarrollo y agresividad de la enfermedad. Igual importancia debe señalarse para las barreras naturales (Cordillera de los andes, Cadena montañosa del interior), como obstáculos para impedir el avance de la enfermedad, pero en la práctica, su diseminación se incrementa; lo cual puede ser explicado al considerar la acción de otros factores, como el hombre.

**Efecto Humano:** Traslado y uso de material vegetal contaminado (semillas) de una zona a otra; utilización de hojas infectadas como cobertores en camiones que transportan frutas para su comercialización; y la falta de regulación en las visitas a fincas contaminadas y no contaminadas, han contribuido de manera directa con el incremento de la velocidad de diseminación de la enfermedad. Su paso de la zona occidental del país (punto de entrada), a la centro-occidental, requirió de cinco años; y de esta última a la zona oriental y sur, necesito de un año.

**Características patógeno y cultivo:** Patógeno con ciclo sexual, con alta posibilidad de generar poblaciones (producto de cruces externos), capaces de adaptarse a diferentes condiciones climáticas, fungicidas y genotipos de huésped (Romero, 2000); y ciclo asexual, donde se producen gran cantidad de ascosporas, que facilitan su diseminación. Presenta un patrón de infección a lo largo de la nervadura principal que dificulta su control, y es específico del género Musa (Pérez, 1996). Los cultivos atacados, presentan gran área foliar, innumerables estomas; ausencia de semillas viables, con evidente propagación asexual e infiere el hecho de ser clones genéticamente uniforme, sembrados como monocultivos; condiciones que los hacen altamente vulnerable a ataques epidémicos de la enfermedad. En el país, los pequeños productores los explotan como cultivo perenne, con inadecuada distribución de plantas en el campo, en muchos casos, omisión de prácticas culturales básicas (desbajado, riego, sin deshierbe, entre otras), condiciones que facilitan su incidencia y severidad, originando las mayores pérdidas en este tipo de productores.

**Cambios observados en el sistema de producción:** Antes de la llegada de la sigatoka negra al país, se observaba en la mayor parte de la siembra de pequeños productores, la ausencia de la aplicación de prácticas culturales como fertilización, riego, drenaje, control de malezas, desbajado y bajas densidades de siembra. Después del primer reporte de la enfermedad en el país, se origina marcado impacto en la producción de plátano y banano, lo cual conlleva a incrementar los costos de producción en 40%.

Fue necesario reorientar las tácticas de control, y estos cambios han estado dirigidos hacia el logro de mayor respuesta de los cultivos expresada en rendimiento, utilizando, de manera eficiente labores básicas (control malezas, deshierbe, nutrición, riego, desbajado, despunte, entre otras), uso racional de productos químicos e incremento en la densidad de siembra a través de arreglos espaciales, que permiten mejor ordenamiento de las plantaciones; lo cual ha originado mejoras en el rendimiento unitario y calidad de los frutos, coincidiendo con lo señalado por Orozco-Santos et al. (2001), y los recientes registros de producción de plátano en el país (FEDEAGRO, 2006).

Elemento importante a ser considerado, es lo referente a la fertilización, debido que la nutrición de la planta determina en gran medida la resistencia o susceptibilidad, así como la virulencia y capacidad de los patógenos para sobrevivir (Hubber, 1998). De tal manera que la nutrición, aunque frecuentemente no reconocida, siempre ha sido un factor importante en el combate de las enfermedades (Hubber, 1998).

Los cambios observados están dirigidos a la ejecución del desbajado, aplicación de riego y drenaje, control de malezas, aplicación de fertilizantes, aun cuando se observa rechazo al análisis de suelo; en plátano, además de lo antes señalado se observa, uso de altas densidades de siembra (entre 1800 a 2500 p/ha), manejo anual.

## CONCLUSIONES

La presencia de la sigatoka negra en Venezuela, además de contribuir con incremento de los costos de producción e impacto en la producción de banano y plátano, ha originado cambios en el sistema de producción tradicional, observándose tendencia de manejo anual en el cultivo de plátano. Clones tolerantes a la enfermedad, no han logrado tener aceptación entre los consumidores, aun cuando muestran excelente adaptación a nuestras condiciones. En el área de investigación se realizan trabajos sobre epidemiología, evaluación de germoplasma, resistencia a fungicidas, arreglos espaciales, uso de biocontroladores y/o extratos vegetales, entre otras; y se realizan a través del INIA, CIPLAT (Centro Internacional Platano), UCLA (Univ. Centroocid. Lisandro Alvarado), UCV (Univ. Central Venezuela), UNET (Univ. Experiment Tachira),

## BIBLIOGRAFIAS

1. FAO.2006. <http://faostat.fao.org/faostat>
2. FEDEAGRO.2006.<http://www.fedeagro.org/produccion>
3. Gauhl F. 1994. Epidemiology and ecology of black sigatoka (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) on plantain and banana in Costa Rica, Central America. Ed. by INIBAP. 120 pgs.
4. Huber D. 1998. Manejo de la nutrición para el combate de patógenos de las plantas. INPOFOS. Informaciones Agronómicas. Numero 32. pg 12-13.
5. Martínez G, Hernández J, Aponte A. 2000. Distribución y epidemiología de la sigatoka negra en Venezuela. FONAIAP. Serie C. 48. FONAIAP/FUNADACITE GUAYANA. 50 pgs.
6. Orozco-Santos, M.; Farias Larios J.; Ganso Sánchez G; Guzmán Gonzalez S. 2001. La sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) INFOMUSA 10(1):33-37.
7. Pérez L.1996. Manual para el control integrado de sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) y sigatota amarilla (*Mycosphaerella musicola* Leach ex Mulder) en banano y plátano. Cuba. Proyec TCP/CUB/4454. 27 pp.
8. Romero R. 2000. Podemos evitar o disminuir el riesgo de desarrollo de resistencia a los fungicidas en las poblaciones de *M. fijiensis*. Reunión ACORBAT 2000. Memorias. Mesa redonda sigatoka negra. pg 118

**STRATEGIES DE LUTTE CONTRE *Mycosphaerella fijiensis* var *difformis*, *Cladosporium musae* ET *Deighthoniella torulosa*, PARASITES FOLIAIRES DES BANANIERES EN COTE D'IVOIRE****STRATEGIES OF FUNGICID'S USE TOWARDS *Mycosphaerella fijiensis* var *difformis*, *Cladosporium musae* AND *Deighthoniella torulosa*, FOLIAR PARASTIC FUNGI OF BANANA IN COTE D'IVOIRE**

Kone, Daouda<sup>1</sup>; Badou, Odjochoumou Jean<sup>2</sup>; Camara, Brahim<sup>1</sup>; Anno, Abo Pierre<sup>1</sup>; Ake, Séverin<sup>1</sup> & Nicot, Philippe<sup>3</sup>

**RESUME**

En Côte d'Ivoire, entre autres parasites, la phyllosphère des bananiers est dominée par les attaques des parasites fongiques que sont *Mycosphaerella fijiensis*, *Cladosporium musae*, *Deighthoniella torulosa* et à un moindre degré *Phaeoseptoria musae*. La lutte contre ces parasites est basée sur l'utilisation de produits chimiques recommandés contre *Mycosphaerella fijiensis*. Face à la diversité des espèces fongiques, 4 fongicides appartenant aux triazoles et aux strobilurines ont été utilisés à différentes concentrations *in vitro* en les additionnant au milieu de culture PDA avec pour témoin un milieu sans fongicide. Les colonies des espèces de *Cladosporium musae*, *Mycosphaerella fijiensis* et *Deighthoniella torulosa* ont été mises en croissance sur PDA et le milieu témoin. En prélude de ce travail, les colonies de *Mycosphaerella fijiensis*, *Cladosporium musae*, *Deighthoniella torulosa* et *Phaeoseptoria musae* ont été mises en croissance sur le milieu PDA amendé de propiconazole à 0,4 l / ha (dose recommandée), 0,2 l / ha (dose 2 fois inférieure à la dose recommandée), 0,267 (dose 1,5 fois inférieure à la dose recommandée), 0,6 l / ha (dose 1,5 fois supérieure à la dose recommandée). Une inhibition totale de la croissance mycélienne de tous les champignons a été observée. Les explants repiqués sur un nouveau milieu sans produit n'ont pas repris sauf chez *Phaeoseptoria musae* avec 100 % de reprise. Sur les 4 fongicides utilisées, les taux de réduction de la croissance mycélienne et de la germination ont varié en fonction des matières actives et des espèces fongiques. La trifloxystrobin est efficace contre tous les champignons. Mais, la lutte en bananeraie devrait tenir compte d'autres parasites en relation avec le cultivar afin de minimiser les risques de pollution environnementale et les possibilités d'apparition de souches résistantes. L'utilisation des fongicides en alternance pourrait éviter la formation de souches résistantes.

**Mots clés :** bananiers, phyllosphère, parasites fongiques, fongicides, efficacité *in vitro*, Côte d'Ivoire

**SUMMARY**

Bananas and plantain leaves were attacked by *Mycosphaerella fijiensis*, *Cladosporium musae*, *Deighthoniella torulosa*. Infected leaves are colonized by *Phaeoseptoria musae*. Fungicides were used towards the different fungi based on the use of chemical products recommended against *Mycosphaerella fijiensis*. 4 fungicides belonging to triazoles and strobilurins were used at different concentrations *in vitro* by mixing them to PDA. Media containing no fungicides were used as control. Before, 2-cm-diameter of *Cladosporium musae*, *Mycosphaerella fijiensis* and *Deighthoniella torulosa* and *Phaeoseptoria musae* were grown on PDA amended with propiconazole at 0,4 l / ha (dose recommended), 0,2 l / ha, 0,267, and 0,6 l / ha. Inhibition of mycelium growth was observed with all the fungi. Only *Phaeoseptoria musae* inhibited colonies begun to grow when transferred on fresh PDA. Rate of growth mycelium and germination were different according to fungicides used. The use of fungicides should be used according to pathogenic fungi. Fungicides used towards *Mycosphaerella fijiensis* var *difformis* reduced significantly growth of *Cladosporium musae*. Trifloxystrobin is efficiency in all the fungi mycelium growth and conidia germination. Alternative use of fungicides could strains becoming resistant.

**Keywords:** banana, banana leaves, parasitic fungi, fungicides, *in vitro* efficacy, Côte d'Ivoire

<sup>1</sup> Université de Cocody, Laboratoire de Physiologie Végétale, UFR Biosciences, 22 BP 582 Abidjan 22 Côte d'Ivoire, E-mail: [daoukone@yahoo.fr](mailto:daoukone@yahoo.fr), [akes@ci.refer.org](mailto:akes@ci.refer.org)

<sup>2</sup> Université d'Abobo-Adjamé, Laboratoire de Biologie Végétale et d'Amélioration des Plantes 02 BP 461 Abidjan 02

<sup>3</sup> INRA, Station de Pathologie Végétale, Domaine Saint-Maurice-BP94, 84143 MONTFAVET Cedex

## INTRODUCTION

La phyllosphère des bananiers est colonisée par des champignons appartenant à des espèces différentes, *Mycosphaerella fijiensis* (maladie des raies noires), *Mycosphaerella musicola* (cercosporiose jaune), *Cladosporium musae* (cladosporiose), *Deightonella torulosa* (responsable des taches brun jaunâtre). Même si la plupart de ces espèces occasionne seule des symptômes, il est très fréquent de rencontrer plusieurs espèces en association et contribuant ensemble à la réduction prématurée des surfaces photosynthétiques.

*Mycosphaerella eumusae*, a été identifiée et différenciée des espèces pathogènes de *Mycosphaerella fijiensis* et *Mycosphaerella musicola* (Carrier et al., 2000). D'autres espèces comme *Acrodontium simplex* (causant des taches en pointillés), *Veronaea musae* et *Periconiella musae* (causant des taches en zone tropicale), *Phaeroseptoria musae* sont signalées (Jones, 2000).

*Cladosporium musae* est responsable d'attaques sévères en Malaisie sur Pisang mass et Pisang Berangan (Sahlan, 2004) en Côte d'Ivoire sur Figue Sucrée et dans les bananeraies d'altitude en Afrique de L'Est (Pasberg-Gauhl and Gauhl).

La présente étude a été menée en vue d'indiquer la nécessité de prendre en compte plusieurs produits pour une meilleure protection des bananeraies. Ce qui renforcera la stratégie basée sur l'utilisation des mélanges de fongicides. Les stratégies de lutte contre les divers parasites ne seraient efficaces qu'après la mise en évidence de l'efficacité des produits contre les espèces nouvelles. Dans ce contexte, les travaux ont été réalisés dans une première étape avec une seule molécule (le propiconazole) à des concentrations élevées. Cette première étude a permis d'utiliser des concentrations plus petites en procédant à des dilutions dans la deuxième partie du travail.

## MATERIEL ET METHODES

Les travaux ont été d'abord réalisés avec le propiconazole qui a été utilisé à différentes concentrations 0,4 l / ha (dose recommandée), 0,2 l / ha (dose 2 fois inférieure à la dose recommandée), 0,267 (dose 1,5 fois inférieure à la dose recommandée), 0,6 l / ha (dose 1,5 fois supérieure à la dose recommandée). Les tests *in vitro* ont été réalisés avec 4 fongicides (Figure 4). Les mélanges fongicides ont été obtenus à partir de solutions mères préparées aux concentrations 100 ppm, 10 ppm et 1 ppm. Après avoir autoclavé les milieux de culture, les solutions mères ont été utilisées pour préparer les mélanges de fongicides ajustés à 0,01 ppm, 0,05 ppm, 0,1 ppm, 0,5 ppm, 1 ppm. Les milieux sont par la suite être homogénéisés et coulés en boîtes de Pétri de 90 mm de diamètres en raison d'environ 17 ml par boîte de Pétri. La croissance radiale a été mesurée. L'effet des différents produits a été mis en évidence sur la germination des spores avec une suspension de spores calibrée à  $10^2$  conidies/ml. Les témoins étaient constitués de colonies en croissance sur des milieux ne contenant aucune trace de fongicides. Les diamètres moyens des colonies ont été mesurés ainsi que les taux de germination des conidies sur les milieux contenant les concentrations de fongicides et les milieux témoins. Pour chaque concentration, la réduction de croissance a été étudiée par rapport au témoin. Le taux de réduction de la croissance a été exprimé selon la formule :

Où Tx : taux de réduction, L0 : diamètre de croissance des témoins, Le diamètre de croissance des colonies en présence de milieux amendés de fongicides

## RESULTATS ET DISCUSSION

La croissance mycélienne des colonies a été totalement inhibée quelque soit la concentration de propiconazole. Cependant après 3 semaines de croissance, les explants inhibés ont été transférés sur un milieu sans fongicides et seules des reprises de croissance ont été observées chez *Phaeroseptoria musae*. Ce qui témoigne d'une activité fongistatique du produit vis-à-vis de *Phaeroseptoria musae* et d'une activité fongicide vis-à-vis des espèces *Mycosphaerella fijiensis* var. *difformis*, *Cladosporium musae* et *Deightonella torulosa*. Au niveau de la deuxième expériences avec les concentrations réduites, le taux de réduction de la croissance mycélienne varie selon les molécules qui ont des modes d'action différents (Leroux, 2003), Figure 1 et 2. La trifloxystrobine, un inhibiteur de la respiration s'est montrée constante à la fois sur la croissance radiale que sur la germination des spores comparativement aux autres produits. Chez *Mycosphaerella fijiensis*, son activité sur la croissance et la germination est meilleure à 1 ppm. Par contre chez *Cladosporium musae*, la trifloxystrobine et le propiconazole ont présenté des activités inhibitrices à des doses inférieures à celles de *Mycosphaerella fijiensis*. Chez *Mycosphaerella fijiensis*, son activité sur la croissance et la germination est meilleure à 1 ppm. Par contre chez *Cladosporium musae*, la trifloxystrobine et le

propiconazole ont présenté des activités inhibitrices à des doses inférieures à celles de *M. fijiensis*. Dans les cas d'attaques dues à *Deightoniella torulosa*, la trifloxystrobine, la spiroxamine et le propiconazole se sont montrés efficaces. Ainsi, les fongicides bien qu'étant homologués contre la maladie des raies noires pourraient être envisagés dans la lutte contre la cladosporiose et les affections et d'autres champignons associés à *Mycosphaerella fijiensis*.

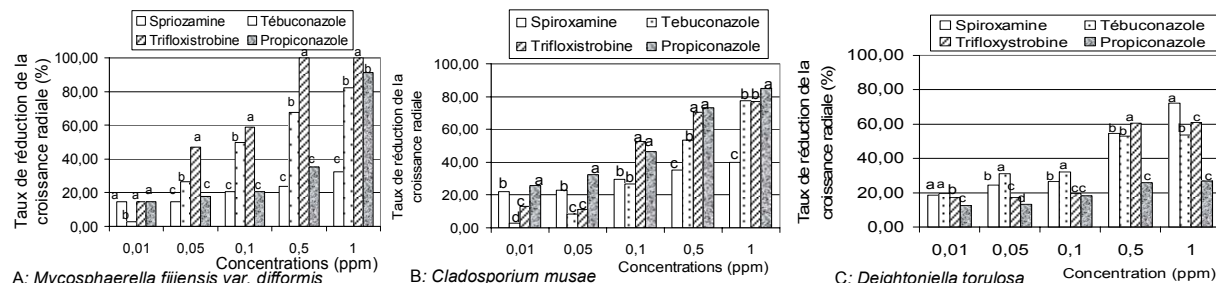


Figure 1 : Taux d'inhibition de la croissance radiale des espèces *Mycosphaerella fijiensis*, var. *difformis*, *Cladosporium musae* et *Deightoniella torulosa*.

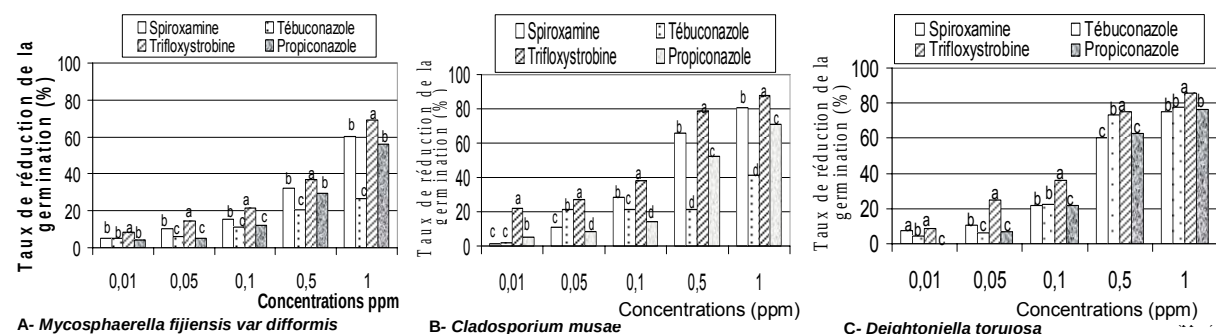


Figure 1 : Taux d'inhibition de la germination des espèces *Mycosphaerella fijiensis*, var. *difformis*, *Cladosporium musae* et *Deightoniella torulosa*.

## CONCLUSION

Dans la première partie du travail avec le propiconazole a présenté une activité fongicide et fongistatique. Les différentes molécules ont montré des activités inhibitrices vis-à-vis de *Mycosphaerella Fijiensis* var. *difformis*, *Cladosporium musae* et *Deightoniella torulosa*. La trifloxystrobine, s'est montrée constante à la fois sur la croissance radiale et sur la germination des spores. Compte tenu des modes d'action différents des molécules sur la croissance et la germination, la prise en compte des stades et des périodes de développement de la maladie permettrait d'envisager des stratégies raisonnées d'utilisation des produits en alternance et en mélange afin de réduire le nombre d'application annuel et l'apparition de souches résistance. Les produits ont aussi montré une efficacité différentielle sur *Cladosporium musae* et *Deightoniella torulosa*.

## BIBLIOGRAPHIE

1. Carlier, J., Foure, E., Gaulh, F., Jones, R., Mourichon, X. and Romero, R. 2000. Black leaf streak In : Diseases of banana, abaca and enset. D.R. Jones, ed. Wallingford, UK.
2. Jones D.R. (2000). Diseases of banana, abaca and ensete. CABI Publishing (2000) Library of Congress cataloging-in-Publication Data. UK
3. Leroux P. (2003). Mode d'action des produits phytosanitaires sur les organismes pathogènes des plantes. Biologie et Pathologie Végétales. C. R. Biologie 326, 9-21.
4. Pasberg-Gauhl C. and Gauhl F. Response to east African Highland Bananas to black leaf streak sigatoka and *Cladosporium* leaf speckle under tropical humid forest and conditions in west Africa. Proc. I. Int. Symp (2000). On Banana and Plantain for Africa. Eds. K. Craenen et al., Acta Hort. 540, ISHS 2000
5. Sahlan M.A.; Abidin Z.; Sariah M. and Gurmit. S. (2004). Identification of the fungus causing leaf speckle in Malaysia. International congress of *Musa*, Harnessing research to improve Livelihoods, 6-9 July, Penang-Malaysia Poster



## THE POTENTIAL ROLE OF INDUCED RESISTANCE, CROP NUTRITION, AND PHOSPHITES IN THE MANAGEMENT OF BLACK SIGATOKA.

### EL PAPEL POTENCIAL DE RESISTENCIA INDUCIDA, NUTRICIÓN Y FOSFITOS EN EL MANEJO DE SIGATOKA NEGRA

John R. Washington<sup>1</sup>

#### RESUMEN

La eficacia mediocre de fungicidas disponibles actualmente para el control de Sigatoka negra en banano justifica un esfuerzo para encontrar factores nutricionales y de resistencia inducida que contribuyan a una resistencia fisiológica de la planta a la enfermedad. Se resumen los conceptos de resistencia inducida o resistencia sistémica activada (SAR) y algunos factores nutricionales que han sido reportados para aumentar la resistencia de las plantas a los patógenos. Para el control de Sigatoka negra en banano, algunos componentes de SAR prácticos y eficaces han sido comprobados a través de investigación de campo conducida por Tropical Plant Technologies en la zona Atlántica de Costa Rica. Aplicaciones de fosfito de potasio combinado con fosfato de monopotasio, ácido giberélico, y aceite agrícola ejercen un efecto muy significativo sobre la enfermedad. La investigación futura de este tema debería enfocar en encontrar otros componentes importantes relacionados con una mayor resistencia y salud de la planta.

Keywords: Black sigatoka, induced resistance, phosphites, crop nutrition

***The need for additional components in black Sigatoka control strategies.*** The ability of currently registered fungicides to manage black Sigatoka disease (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) has declined in recent years, especially in Central America. The topic of black Sigatoka management has been the inspiration of many scientific and professional meetings during the last decade, convening banana producers, disease managers, research professionals, and agrichemical companies. Despite significant resources dedicated to discovering and generating new technology, chemistry, and methods to manage the disease more effectively, major improvement has been scarce and short-lived. Strobilurin fungicides were the last effective class of chemistry registered for black Sigatoka control, and resistance of *M. fijiensis* to these fungicides has become widespread in Costa Rica and is likely to show a similar trend in other parts of the world where intensive banana production and black Sigatoka coexist. In the absence of new, effective fungicide chemistry to combat the disease, it is important to define effective components of crop nutrition and induced resistance that contribute to the management of this disease.

***History of induced resistance or systemic acquired resistance (SAR).*** The concept of induced resistance against disease in plants is not new. The pioneering studies<sup>1,2,3</sup> were published as far back as 1961. The concept is based on the observation that treatment of plants with a weak pathogen or exogenous substance can create a plant physiological defense response that reduces the pathogen's ability to attack the normally susceptible host. Further characterization of the concept was made by such researchers as Kuc<sup>4</sup>. It is now well accepted among plant scientists and plant pathologists that plants respond to pathogen attack by activation of a large number of defense mechanisms. These include the production of antimicrobial metabolites (phytoalexins) and proteins as well as physical reinforcement of cell walls through production of callose and lignin. Phytoalexins in *Musa* spp. have been described<sup>5</sup>.

***Chemical inducers.*** In the literature, exogenously applied chemicals which induce plant resistance against disease have been reported. One of these, acibenzolar-S-methyl<sup>5</sup> (Boost<sup>®</sup>, Bion<sup>®</sup>, Syngenta Crop Protection) was marketed in several crops including banana with claims of increasing the plants resistance to disease. In the case of banana, acibenzolar-S-methyl has been intensively researched and field tested by large banana producers but has been used only sporadically on a commercial scale. The compound does appear to induce a significant defense response in banana plants against black Sigatoka, but the level of this response has generally been perceived to be weak and/or inconsistent. Additionally, field study observations indicate that the use of acibenzolar-S-methyl is

<sup>1</sup> Tropical Plant Technologies, AP 44-6100, Ciudad Colón, Costa Rica tropplanttech@yahoo.com

associated with unacceptable plant growth regulating (PGR) and phytotoxic effects in banana plants (Fig.1.).



**Fig. 1.** Phytotoxic symptoms associated with the foliar application of acibenzolar-S-methyl in banana. The photograph was taken from a small plot experiment where the effects of acibenzolar-S-methyl applications were isolated from other possible causes.

Salicylic acid and its analogues also are widely reported in the scientific literature to induce plant defense responses<sup>2,6,7</sup>. Indeed, the phenomenon of SAR has been linked closely to salicylic acid, and many research articles point to salicylic acid as a biochemical messenger in plants triggering enhanced resistance to infections. The biochemical pathway encompassing this plant response has been termed the salicylic acid pathway. Acibenzolar-S-methyl has a salicylic acid component in its molecular structure. Research in banana has shown that salicylic acid can be applied without causing overt phytotoxicity (J. Washington, unpublished data). Its potential to induce a useful level of resistance against black Sigatoka is under field investigation.

Other compounds that have been reported to induce SAR in plants via the salicylic acid pathway include  $\beta$ -aminobutyric acid (BABA), gamma aminobutyric acid (GABA), probenazole, riboflavin, chitosan, and phosphorous acid or its salts (phosphites). With the exception of phosphites, there are no known reports of these compound's effects on banana and black Sigatoka.

**Jasmonic Acid Pathway.** Another important biochemical pathway, the jasmonic acid pathway<sup>9</sup>, has been described to be involved in SAR as well as in induced systemic resistance (ISR). ISR refers to disease resistance induced by biochemical pathways associated with the colonization of roots by microorganisms. The interactions between the salicylic acid pathway and the jasmonic acid pathway, which can be antagonistic, are reviewed by Glazebrook<sup>10</sup>.

**Phosphorous acid.** Since the discovery of fosfetyl-al, and the subsequent research by Fenn and Coffey<sup>11, 12</sup>, interest in phosphites as fungicides and as physiological induction agents has grown significantly. It is now generally accepted that phosphites have both a direct effect (toxicity of phosphonate ion) and indirect effect (phytoalexin induction) on plant pathogens, and that all phosphites behave similarly as they decompose to the phosphonate ion ( $\text{HPO}_3^{2-}$ ) in the plant<sup>13,14</sup>. Despite some reports to the contrary, several controlled studies have indicated strongly that phosphites are not a nutritional source of phosphorous in plants. Phosphites can worsen the effects of phosphorous ( $\text{PO}_4$ ) deficiencies<sup>15</sup> in plants.

There have been several reports of positive interaction or synergism of phosphites with other compounds, such as acibenzolar-S-methyl <sup>16</sup>, BABA <sup>17</sup>, and salicylic acid. Phosphites have been characterized to some extent for control of black Sigatoka. It is likely that phosphites will play an important role in an integrated program for disease control in banana, but further work is needed to determine economical use patterns and optimum tank mixtures.

**Nutritional components.** SAR and/or ISR involve energy-intensive biochemical responses in plants, associated with the rapid increase in the synthesis of phytoalexins, defense proteins, and physical barriers in plant cell walls. These physiological responses increase the demand for plant nutritional components such as phosphates, potassium, calcium, zinc, sulfur, and others. If the plant is starved of essential nutrients, the plant defense response may induce stress with associated negative consequences on plant development and crop production. Therefore, it seems essential to consider plant nutritional components in SAR and ISR research and application. Additionally, some elements and nutrients have been reported to have a direct effect on plant disease resistance, such as silicon, copper, and sulfur. The topic of nutritional components and their optimization in banana cultivation for increased resistance to black Sigatoka should be thoroughly explored.

**Results of SAR research trials in Costa Rica.** Research conducted by Tropical Plant Technologies (TPT) in Costa Rica has focused on characterizing an effective and economical spray program for black Sigatoka integrating K phosphite (most economical source of phosphite), gibberellic acid (GA-3), mineral spray oil, and other components (nutritional and/or physiological inducers). In evaluations of different phosphite formulations and use patterns, no differences have been detected among formulations regarding their efficacy for black Sigatoka control. Formulations tested have included fosfetyl al, various potassium phosphite formulations, calcium phosphite, and formulations of phosphorous acid (0-60-0).

The field research has been conducted under severe disease pressure and adverse climate, in the TPT research plots located in Río Frío, Sarapiquí. Each plot consists of a single row of six banana plants established with meristem of 'Grand Naine', surrounded by a tall grass on all sides to prevent plot to plot spray drift. Treatments are applied with a Solo backpack sprayer fitted with a Micronair AU5000 rotary atomizer delivering 18 L of spray mixture per ha. The experimental design utilized is complete randomized block with four replications.

The best SAR program characterized to date has been a base program consisting of 2 L/ha of potassium phosphite (0-28-35) combined with monopotassium phosphate (0.2 kg/HA), a small dose of a commercially available GA-3 (4.0 g ai/ha), and mineral spray oil (4 L/HA) sprayed weekly. Other compounds have been tested for an additive effect, including salicylic acid, bacterial inducers, GABA, and acibenzolar-S-methyl, but improvements over the basic program have yet to be detected. More investigation is needed regarding the integration of the basic SAR treatment scheme described here with systemic fungicides.

In the most recent field research trial, the SAR treatment resulted in a gain of more than five functional leaves compared to the untreated check at eleven weeks after the commencement of spray treatments (**Fig. 2**). At this time, no significant contribution in functional leaves was observed by the addition of a systemic fungicide application every 30 days or the addition of salicylic acid (200 g/ha) to the SAR tank mixture.

The SAR treatments are not as effective as conventional, intensive fungicide programs in maintaining leaves free of "burns" or necrotic area (> 5% of leaf area). Regarding this parameter, the addition of a systemic fungicide application every 30 days to the base SAR program resulted in significant improvement (**Fig. 3**). Interestingly, in the SAR treatments, leaves with necrotic area present do not progress rapidly to burning of more than 30% of their area, and thus leaves remain as functional. This can be visualized in **Fig. 4a** (untreated control) and **Fig. 4b** (SAR treatment).

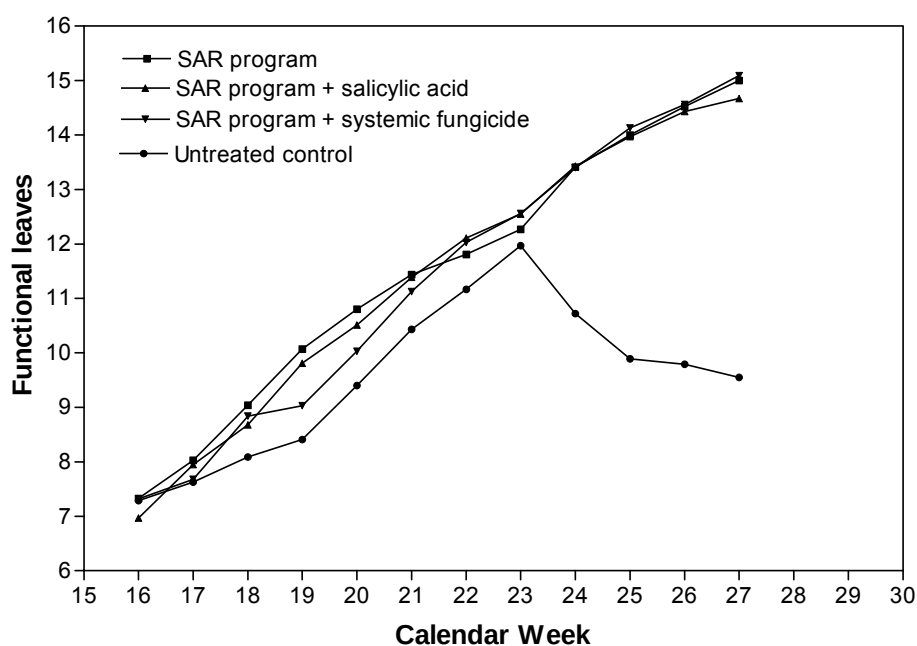


**Fig.2.** Number of functional leaves (leaves < 30% necrotic leaf area) by week for three SAR treatments vs untreated control in Costa Rica small plot study (Tropical Plant Technologies). Results are shown up until July, 2006.

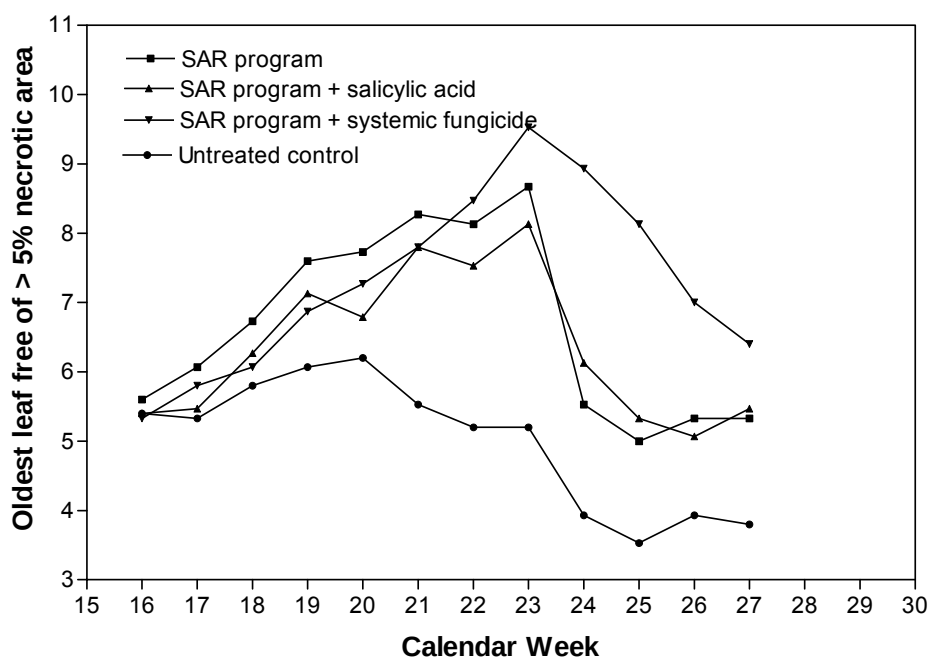


**Fig.3.** Oldest leaf free of > 5% necrotic leaf area by week for three SAR treatments vs untreated control in Costa Rica small plot study (Tropical Plant Technologies). Results are shown up until July, 2006.





**Fig. 4a.** Untreated control in SAR small plot study, June, 2006



**Fig. 4b.** SAR program treatment.

#### BIBLIOGRAPHY

1. Ross, A.F. 1961. Virology. 14:340-358
2. White, R.F. 1979. Virology. 99:410-412
3. Kuc, J. 1972. Ann. Rev. of Phytopathol. 10:207-232
4. Kuc, J. 2001. European Journal of Plant Pathology. 107:7-12.
5. Quiñones, W. et al. 2000. Molecules. 5: 974-980.
6. Gorchach, J., et al., 1996. The Plant Cell 8:629-643
7. Dempsey, D et al. 1999. Critical Reviews in Plant Sciences. 18:547- 575.
8. Kauss, H. et al. 1992. The Plant Journal. 2:655-660.
9. Shores, M. et al. 2004. Phytopathology. 95: 76-84.
10. Glazebrook, J. 2005. Annu. Rev. Phytopathol. 43:205-227.
11. Fenn, M.E. & Coffey, M.D. 1984. Phytopathology 74: 606-611.
12. Fenn, M.E. & Coffey, M.D. 1989. Phytopathology 79: 76-82.
13. Guest, D. & Grant, B. 1991. Biol. Rev. 66: 159-187.
14. Rickard, D. 2000. Journal of Plant Nutrition. 23: 161-180.
15. Varadarajan, D. et al. 2002. Plant Physiol. 129: 1232-1240.
16. Zahid, A. et al. 2000. Australasian Plant Pathology. 29: 59-63.
17. Pajot, E. 2001. European Journal of Plant Pathology. 107:861-2001.



## COMPORTAMIENTO Y DAÑOS POR SIGATOKA NEGRA DE SEIS CULTIVARES DE BANANO EN LA COSTA DE NAYARIT, MEXICO

### BLACK SIGATOKA BEHAVIOR AND DAMAGE OF SIX BANANA CULTIVARS IN NAYARIT COAST, MEXICO

Victor Vázquez Valdivia<sup>1</sup>; María Hilda Pérez Barraza<sup>2</sup> & José Orozco Romero<sup>3</sup>

#### RESUMEN

En Nayarit, México como en muchas regiones productoras del mundo, la sigatoka negra es el principal problema de la producción de banano. El principal método de control de esta enfermedad es el químico y resulta demasiado costoso. Una alternativa a este problema es el control genético, es decir la utilización de cultivares tolerantes a la enfermedad. En este trabajo de investigación se evaluó el comportamiento de cinco cultivares de bananos sin control químico de sigatoka negra y se comparó con el cultivar Gran Enano en Nayarit, México. Se detectaron diferencias en vigor, producción, calidad de los frutos y daños por sigatoka negra entre los cultivares. El rendimiento de los cultivares FHIA-17 y FHIA-23 fue mayor y fueron más tolerantes a la enfermedad que el cultivar tradicional Gran Enano en la primera generación. 'FHIA-23' produjo los racimos más pesados con un peso de 33.54 kg.

Palabras Clave: Banano, sigatoka negra, vigor, rendimiento, tolerancia.

#### SUMMARY

In Nayarit, Mexico as in many regions of the world, black sigatoka is the main problem in banana production. Chemical control is the main method against this disease but it is very expensive. An alternative for this problem is the genetic control, through tolerant genotypes. The behavior of five banana cultivars without chemical control of black sigatoka was evaluated and compared with Grand Naine in Nayarit, Mexico. Significant differences were detected for vigor, yield, fruit quality and black sigatoka damage among cultivars. FHIA-17 and FHIA-23 cultivars yielded more and were more tolerant to the disease than the traditional cultivar Grand Naine in the first generation. FHIA-23 produced the heaviest bunch with 33.5 kg.

Keywords: Banano, black sigatoka, vigor, tolerance

#### INTRODUCCIÓN

La sigatoka negra o raya negra cuyo agente causal es el hongo *Mycosphaerella fijiensis* Morelet, es el principal factor limitante de la producción de plátanos y bananos en el mundo (Fullerton, 1994; Marín y Romero, 1994; Echeverry, 1996). En México la presencia del patógeno se reportó oficialmente por primera vez en 1981, en la zona bananera del sureste; específicamente en los estados de Tabasco y Chiapas; sin embargo, existen evidencias de su presencia con un año de anterioridad (Contreras, 1983), su dispersión por el país solo fue cuestión de tiempo.

En el estado de Nayarit ubicado en el Occidente de México, la sigatoka negra fue detectada por primera vez en 1994 (Orozco *et al.*, 1996) y fue el último estado productor de banano de México en donde se detectó la enfermedad. Con ello, se puede afirmar que en la actualidad la sigatoka negra se encuentra presente en todas las regiones productoras de plátano del país (Orozco, 1998). En Nayarit la enfermedad ha causado estragos en la industria bananera; se estima que hasta la fecha, ha provocado el derribe de más de 1,000 hectáreas de banano y reducido los rendimientos hasta en 50% o más en el resto de la superficie. Los cultivares que se explotan en el estado son Manzano (AAB), Pera (ABB), Gran Enano (AAA) y Macho (AAB), principalmente; todos ellos son susceptibles a sigatoka negra (Orozco, 1996), aunque en diferente grado.

Por otro lado, el rendimiento promedio de plátano en Nayarit es de menos de 20 ton/ha/año (SAGARPA, 2005) el cual es relativamente bajo en comparación con otras zonas productoras del país

<sup>1</sup> Investigador del Programa de Frutales Tropicales del Campo Experimental Santiago Ixcuintla-INIFAP-Nayarit. E-mail: [yazquezv.victor@inifap.gob.mx](mailto:yazquezv.victor@inifap.gob.mx)

<sup>2</sup> Investigador del Programa de Frutales Tropicales del Campo Experimental Santiago Ixcuintla-INIFAP-Nayarit. E-mail: [perez.mariahilda@inifap.gob.mx](mailto:perez.mariahilda@inifap.gob.mx)

<sup>3</sup> Líder Nacional del cultivo del Plátano. Campo Experimental Tecoman-INIFAP-Colima. Col. E-mail: [jorel@prodigy.net](mailto:jorel@prodigy.net)

y del mundo, como en Costa Rica en donde se reportan rendimientos comunes de 70 ton/ha (López, 1998, Delvaux, 1995). Se considera que en el occidente de México incluyendo a Nayarit existe potencial para producir más de 50 toneladas de banano por hectárea (Orozco *et al.*, 1993).

En Nayarit, el control químico con aplicaciones frecuentes de fungicidas, es el principal método para reducir los daños por sigatoka negra. Este método, es acompañado del control cultural, el cual se limita a la eliminación de las hojas afectadas con más del 50% de la superficie foliar. La finalidad de esta práctica es disminuir la cantidad de inóculo; las hojas eliminadas son acordonadas entre las calles dentro del huerto.

Las labores enfocadas a reducir los daños por la enfermedad, representan del 40 al 50% de los costos de producción, lo que es relativamente costoso, además de que contribuye a incrementar la contaminación ambiental.

Ante esta situación, se ha recurrido a la búsqueda de alternativas menos costosas, una de ellas y quizá la más viable es el control genético, por lo que se ha optado por la introducción de cultivares y a su evaluación bajo las condiciones edáficas y climáticas de las principales zonas productoras de banano que existen en el estado de Nayarit.

Bajo este contexto, el objetivo de este trabajo fue introducir y evaluar el comportamiento de cinco cultivares de banano sin control de sigatoka negra y compararlos contra el cultivar Gran Enano que es uno de los más importantes que se cultivan en el estado.

## MATERIALES Y MÉTODOS

En el mes de marzo del 2004 se estableció un huerto experimental en condiciones de riego en el municipio de Santiago Ixcuintla en el estado de Nayarit, México. El sitio experimental se encuentra a 21 m de ASNM, tiene una temperatura media anual de 26 °C y una precipitación de 1700 mm anuales, distribuidos de junio a septiembre.

El material genético incluido en este experimento estuvo constituido por los siguientes genotipos: FHIA-17 (AAAA), FHIA-23 (AAAA), Williams (AAA), GCTCV-119, GCTCV-215 y Gran Enano (AAA). El material vegetal utilizado fue hijuelos de espada con una altura entre 70 y 80 cm, el cual fue traído del Banco de Germoplasma de Plátano del INIFAP en el Campo Experimental Tecomán, Colima. Previo al establecimiento del huerto se realizó una adecuada preparación del terreno y se realizó una fertilización de fondo con fertilizante a base de Nitrógeno y Fósforo (18-46-00 de N-P-K) y una aplicación de un insecticida nematocida granulado para prevenir problemas de plagas del suelo. Además, la base de los hijuelos (cormos) fue sumergida en una solución conteniendo un fungicida nematocida (Carbofuran) en dosis de 1 ml/l y un fungicida sistémico (Benomil) en la misma dosis, esto con la finalidad de eliminar al máximo los riesgos por plagas y/o enfermedades en el sistema radical.

La distancia de plantación utilizada fue de 3X3 m lo que da una densidad de población de 1100 materos/ha.

El manejo que recibió el huerto después de la plantación fue siguiendo el paquete tecnológico para el cultivo del banano para el Occidente de México, generado por el INIFAP (Orozco *et al.*, 1993): Inmediatamente después de establecido el huerto, se procedió a dar un riego por gravedad, posteriormente en la plantación se estableció un sistema de riego por goteo, colocando una cintilla a ambos lados de la fila de plantas. Los riegos fueron aplicados en una frecuencia de dos por semana, procurando siempre mantener la plantación con un contenido de humedad adecuado. La fertilización se realizó utilizando la Fórmula 200-75-150 (N-P-K) fraccionándola en tres aplicaciones 1/4 a los 3 meses después de plantado, 1/4 a los 6 meses y 1/2 a los 12 meses. Se trató de mantener la plantación libre de maleza, lo cual fue posible con la aplicación de herbicidas en las calles y las hierbas que crecieron cerca de las plantas de banano fueron eliminadas manualmente.

Otras labores que se realizaron fueron el deshije, deshoje y el desperille cada una con la frecuencia en que fue requerida. La eliminación de manos en el racimo par incrementar el tamaño del fruto, fue una práctica que en este primer año de evaluación no se realizó, esto con la finalidad de conocer el comportamiento de los materiales en aspectos productivos y de calidad de los frutos sin alteraciones, es decir en forma normal. En este trabajo no se aplicaron fungicidas, ni insecticidas al follaje para conocer con exactitud la tolerancia de los materiales a la sigatoka negra.

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con 10 repeticiones y un matero como parcela. Las variables de estudio se agruparon en cuatro rubros: vigor de las plantas, producción; aspectos de calidad de los frutos y daños por sigatoka negra; estos últimos fueron evaluados con la escala de Stover modificada por Gauhl.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados que se presentan corresponden a la primera generación de plantas (plantas madre), se encontraron fuertes diferencias en vigor (Cuadro 1). La mayoría de los cultivares tuvieron una altura mayor de 2.0 m, solo los cultivares GCTCV-215 y Gran Enano tuvieron menos de 2.0 m. El Perímetro del pseudotallo medido a 1 m de altura osciló entre 39.0 y 65.2 cm, correspondiendo estos valores a GCTCV-215 y FHIA-23. En longitud y ancho de la hoja, se detectaron fuertes diferencias entre los genotipos, en longitud sobresalió el cultivar Williams y en ancho FHIA-23. Es notorio que en tres de estas cuatro variables indicadoras del vigor de las plantas sobresale el cultivar FHIA-23.

En Maracay, Venezuela se evaluaron los cultivares FHIA-17 y FHIA-23 y en esa localidad en la primera generación la altura que alcanzaron las plantas fue de aproximadamente de 2.0 y 1.8 m respectivamente (Surga *et al.*, 2004), estos valores son menores a los encontrados en este estudio en donde alcanzaron 2.4 y 2.7 cm.

En general, las diferencias observadas en el vigor de las plantas de los cultivares son atribuidas a características genéticas específicas de cada cultivar.

En el aspecto productivo también se detectaron fuertes diferencias entre los cultivares (Cuadro 2). El peso del racimo osciló desde 11.3 hasta 33.5 kg, correspondiendo a GCTCV-119 y FHIA-23, respectivamente. Gran Enano que es el testigo local produjo racimos de 18.7 kg, siendo superado por Williams, FHIA-17 y FHIA-23, este último superó en peso al racimo de Gran Enano en casi 15 kg. Los cultivares Williams, FHIA-17 y FHIA-23 fueron evaluados en dos localidades de Tabasco, reportándose que el peso del racimo fue de 10.1 y 20.4 para Williams, de 24.0 y 29.7 para 'FHIA-17' y de 24.8 para 'FHIA-23' (Ramírez *et al.*, 2004), estos valores comparados con los obtenidos en esta evaluación muestran que los racimos de Williams y FHIA-23 fueron más pesados en Nayarit que en Tabasco, pero con FHIA-17 ocurrió lo opuesto.

**Cuadro 1.** Aspectos de vigor de plantas de seis cultivares de plátano sin control de sigatoka negra en Nayarit, México.

| Cultivar   | Altura de planta (m) | Perímetro del pseudotallo (cm) | Longitud de hoja (m) | Ancho de hoja (cm) |
|------------|----------------------|--------------------------------|----------------------|--------------------|
| FHIA-17    | 2.4 b <sup>z</sup>   | 53.7 b                         | 1.9 bc               | 74.3 ab            |
| FHIA-23    | 2.7 a                | 65.2 a                         | 1.9 b                | 81.0 a             |
| Williams   | 2.6 ab               | 60.0 a                         | 2.2 a                | 80.0 a             |
| GCTCV-119  | 2.0 c                | 40.0 cd                        | 1.7 c                | 74.0 ab            |
| GCTCV-215  | 1.4 e                | 39.0 d                         | 1.3 d                | 65.0 b             |
| Gran Enano | 1.9 d                | 44.5 c                         | 1.7 c                | 71.3 ab            |

<sup>z</sup> Medias con la misma letra son iguales estadísticamente (Tukey 5%).

En Cuba 'Gran Enano' sin control de sigatoka produce racimos de 8.5 kg (Hernández y Pérez, 1996) mientras que en este estudio produjo racimos de 18.7 kg, que es más del doble, lo anterior quizá sea debido a que las condiciones de climáticas para el desarrollo de la enfermedad son más favorables en Cuba que en Nayarit, Mexico.

En rendimiento FHIA-23 superó ampliamente a todos los materiales, a Gran Enano lo superó con 18 ton. Los dos cultivares con mayor numero de manos por racimo fueron Williams y FHIA-23 con 10.8 y 10.7 respectivamente; 'Gran Enano' tuvo 8.5. El número de dedos por mano fue mayor en FHIA-23 con 19.0 y menor en GCTCV-215 con 14.3.

**Cuadro 2.** Aspectos productivos de seis cultivares de plátano sin control de sigatoka negra en Nayarit, México.

| Cultivar   | Peso del racimo (kg) | Rendimiento (ton/ha) | Manos/racimo (No.) | Dedos/mano (No.) |
|------------|----------------------|----------------------|--------------------|------------------|
| FHIA-17    | 21.5 b <sup>z</sup>  | 23.7 cd              | 9.3 abcd           | 17.0 abcd        |
| FHIA-23    | 33.5 a               | 38.9 cd              | 10.7 a             | 19.0 a           |
| Williams   | 22.9 b               | 25.1 c               | 10.8 a             | 17.7 abc         |
| GCTCV-119  | 11.3 c               | 12.4 e               | 5.8 h              | 18.0 ab          |
| GCTCV-215  | 11.6 c               | 12.8 e               | 6.8 fgh            | 14.3 de          |
| Gran Enano | 18.7 b               | 20.5 cd              | 8.5 cdef           | 17.7 abc         |

<sup>z</sup> Medias con la misma letra son iguales estadísticamente (Tukey 5%).

Respecto a los parámetros de calidad de los frutos (Cuadro 3) se encontró que tanto en longitud, perímetro y peso promedio del fruto, los dos cultivares que más sobresalieron fueron FHIA-17 y FHIA-23. Los frutos de FHIA-17 y FHIA-23 pesaron 154 y 211 g, respectivamente, mientras que los frutos de Gran Enano pesaron 136 g.

Dos variables que indican la tolerancia de los cultivares a la sigatoka negra son la cantidad de hojas a cosecha y la hoja más joven enferma (HMJE). Se observa que tres cultivares llegaron con más hojas a la cosecha, pero solo FHIA-17 y FHIA-23 fueron los que menos daños por la enfermedad presentaron, los cultivares más susceptibles a la enfermedad fueron Gran Enano y GCTCV-215 (Cuadro 4).

Los cultivares FHIA-17 y FHIA-23 se reportan como tolerantes a la sigatoka negra (Daniells, 2000, Álvarez y Rosales, 2004) lo que se ratificó en este trabajo. Williams es un cultivar reportado como susceptible a la enfermedad (Daniells, 2000) pero bajo las condiciones de estudio superó a Gran Enano.

**Cuadro 3.** Aspectos de calidad de frutos de seis cultivares de plátano sin control de sigatoka negra en Nayarit, México.

| Cultivar   | Longitud del dedo (cm) | Perímetro del dedo (cm) | Peso del fruto (g) |
|------------|------------------------|-------------------------|--------------------|
| FHIA-17    | 20.0 a <sup>z</sup>    | 13.2 ab                 | 154 ab             |
| FHIA-23    | 19.2 ab                | 13.5 a                  | 211 a              |
| Williams   | 15.5 b                 | 12.7 abc                | 134 b              |
| GCTCV-115  | 17.7 ab                | 11.9 c                  | 128 b              |
| GCTCV-215  | 18.2 ab                | 12.6 abc                | 131 b              |
| Gran Enano | 18.2 ab                | 12.0 bc                 | 136 b              |

<sup>z</sup> Medias con la misma letra son iguales estadísticamente (Tukey 5%).

**Cuadro 4.** Número de hojas a cosecha y hoja más joven enferma de plantas madre de cultivares de plátano sin control de sigatoka negra en Nayarit, México.

| Cultivar   | Hojas a cosecha (No) | HMJE <sup>y</sup> |
|------------|----------------------|-------------------|
| FHIA-17    | 7.8 a <sup>z</sup>   | 12.5              |
| FHIA-23    | 7.7 a                | -                 |
| Williams   | 7.2 a                | 7.0               |
| GCTCV-119  | 4.3 b                | 5.5               |
| GCTCV-215  | 3.0 b                | 5.0               |
| Gran Enano | 4.2 b                | 5.0               |

<sup>z</sup> Medias con la misma letra son iguales estadísticamente (Tukey 5%).

<sup>y</sup> Hoja más joven enferma.

En términos generales se puede resumir que se encontraron fuertes diferencias entre los cultivares evaluados tanto en vigor, producción, calidad de los frutos como en su tolerancia a la sigatoka negra. Sin embargo es importa destacar que los materiales más prometedores son los FHIA-17 y FHIA-23, que superaron en la mayoría de los parámetros evaluados al cultivar tradicional Gran Enano.

## CONCLUSIONES

- 1.- De los materiales evaluados 'FHIA-23' fue el cultivar más vigoroso.
- 2.- Los cultivares FHIA-17, FHIA-23 y Williams fueron más productivos que Gran Enano; pero éste fue mejor que GCTCV 119 y GCTCV 215.
- 3.- El tamaño y el peso promedio del fruto fue mayor en los cultivares FHIA-17 y FHIA-23 y estos dos cultivares fueron también los que presentaron menos daños por sigatoka negra en las hojas.
- 4.- De los materiales evaluados, al menos tres de ellos por su tolerancia a la enfermedad y por su producción, son mejores que 'Gran Enano' y si tiene aceptación por el consumidor en el futuro podrían sustituirlo.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Fondo Mixto de Fomento a la Investigación Científica y Tecnológica CONACyT - Gobierno del Estado de Nayarit" y a la Fundación Produce Nayarit, A. C., el financiamiento para realizar el

presente trabajo bajo el proyecto de Introducción y evaluación de cultivares de plátano tolerantes a sigatoka negra y transformación genética del plátano con clave NAYARIT-2003-C01-9403. Así también se agradece el apoyo brindado al Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología del Estado de Nayarit (COCyTEN)

## BIBLIOGRAFIA

1. Álvarez, J. M. y Rosales, F.E. 2004. Guía de campo para la identificación de los principales híbridos de banano y plátano de la FHIA. XVI Reunión Internacional de ACORBAT 2004. Oaxaca, México. 26 de Sept. al 1 de Oct. De 2004. Publicación Especial. P 184.
2. Contreras, M. E. M. 1983. El Chamusco negro (Sigatoka). Una nueva enfermedad en las hojas de los plátanos., Universidad Autonoma Chapingo. Revista de Geografía Agrícola 4:61-102.
3. Daniells, J. 2000. ¿Qué variedad de banano cultivar?. Infomusa 9(1):31-33.
4. Delvaux, N. 1995. Soils. In: Banana and Plantains (s. Gowen, Ed.) Chapman and Hall, London, UK. Pp 230-257.
5. Echeverry, N. 1996. Costo de producción en el cultivo del plátano en el CRECED. Centro Tolima. Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). Espinal 8 p.
6. Fullerton, R.A. 1994. Sigatoka leaf diseases. In : Compendium of tropical fruit diseases. Ploetz, R.C.; Zentmeyer, G.A.; Nishijima, W.T.; Rohrbach, K.G. and Ohr, H.D. (eds.) APS Press. St. Paul Minnesota, USA. pp 12-14.
7. Hernández, E. y Pérez, L. F. 1996. Resistencia de clones de bananos y plátanos a la sigatoka negra causada por *Mycosphaerella fijiensis*. Componente epidemiológicos de resistencia. Journal of agriculture of the University of Puerto Rico. (en prensa)
8. López, A. 1998. Fertilización convencional del cultivo del banano en Costa Rica y su relación con la producción sostenible. In: memorias del taller Internacional sobre producción de banano orgánico y/o ambientalmente amigable. (eds. F. E. Rosales, S. C. Tipton, y J. C. Serna). CIID y EARTH. Guasito, Costa Rica, 27-29 julio de 1998. pp 63-81
9. Marín V., D.; Romero, R. 1994. El combate de la sigatoka negra. Boletín No. 4. Corporación Bananera Nacional (CORBANA). Costa Rica. 75 p.
10. Orozco, R. J.; Medina U. V. M. y Becerra, R. S. 1993. Guía para producir plátano en la zona Costera de Colima, Michoacán y Jalisco. Folleto para productores No. 2. SARH-INIFAP-CIPAC. 25 p.
11. Orozco, S. M., Farias, L. J. and Vázquez, V. V. 1996. La cercosporiose noire (*Mycosphaerella fijiensis*) dans l'ouest du Mexique. Black sigatoka 8 *Mycosphaerella fijiensis* of bananas in the west of Mexico. INFOMUSA 5(1):23-24.
12. Orozco, R. J. 1996. Sexta Reunión del Comité Asesor Regional. INIBAP, LACNET. Costa Rica.
13. Orozco, S. M. 1998. Manejo integrado de la sigatoka negra del plátano. SAGAR, INIFAP, CIPAC. Campo Experimental Tecmán. Tecmán, Colima, México. Folleto Técnico No. 1. División Agrícola 95 p.
14. Ramírez, S.G., De la Cruz, P. F., Flores, R. A. y Rodríguez, C. J.C. 2004. Evaluación de germoplasma mejorado de plátano y banano en Tabasco, México. XVI Reunión Internacional de ACORBAT 2004. Oaxaca, México. 26 de Sept. al 1 de Oct. De 2004. Publicación Especial. p 268.
15. SAGARPA, 2005. Centro de Estadística Agropecuaria. Delegación Estatal, Tepic, Nayarit.
16. Sarga, J. G., Magaña, S., Delgado, A. y Belloso, E. 2004. Estudio y evaluación fenológica de cuatro clones FHIA (*Musa*) bajo condiciones de bosque seco tropical. XVI Reunión Internacional de ACORBAT 2004. Oaxaca, México. 26 de Sept. al 1 de Oct. De 2004. Memorias pp 334-344.



## EFFECTO DEL TIPO DE LUZ Y OTROS FACTORES SOBRE EL DESARROLLO ASEXUAL DE *Mycosphaerella fijiensis*

## EFFECT OF THE TYPE OF LIGHT AND OTHER FACTORS ON THE ASEXUAL DEVELOPMENT OF *Mycosphaerella fijiensis*

Leonardo Sepúlveda<sup>1,3</sup>; Luz Estella Vásquez<sup>1</sup>; Clara Inés Paniagua<sup>1</sup>; Cesar Hernández<sup>4</sup> & Rafael Arango<sup>1,2</sup>.

### SUMMARY

The *in vitro* production of conidia by *M. fijiensis* is influenced by different factors. It is important to study several aspects of conidia production *in vitro* such as. A series of experiments were made to evaluate the type of culture medium, the influence of the ventilation of the culture, the origin of the fungal strain and the amount and wave length of light used, in the *in vitro* production of conidia by *M. fijiensis*. The results obtained showed that for the production of conidia, PDA and V8 supplemented with 0,2 g/l of CaCO<sub>3</sub> are efficient. Additionally, the continuous exposure to red light produces a greater number of conidia whereas white light is less efficient. In addition, ventilation of the culture, and the origin of the monosporic culture are factors that do not affect conidia production.

**Keywords:** Black sigatoka, environmental conditions, virulence.

### INTRODUCCIÓN

La Sigatoka Negra, causada por el hongo ascomicete *Mycosphaerella fijiensis* Morelet, estado perfecto de *Pseudocercospora fijiensis* (Morelet) Deighton (1), es la enfermedad foliar más importante que afecta la producción comercial de bananos y plátanos (*Musa* spp.) en la mayoría de las regiones productoras del mundo (2, 3, 4 y 5).

Entender el tipo de estímulos y los mecanismos que determinan la conidiación de *M. fijiensis* es útil para profundizar en su biología y epidemiología así como para el manejo y control de la enfermedad. Aunque el efecto de la conidiación ha sido documentado en distintas especies de hongos (6, 7), para *M. fijiensis* hay limitada información, en algunos aspectos del fenómeno de conidiación tales como la influencia de la edad, la procedencia de la cepa, el grado de sellamiento de las cajas de *petri* y el efecto del tipo de luz utilizada.

En estudios preliminares realizados en la Unidad de Biotecnología Vegetal UNALMED-CIB se observó que aparentemente *P. fijiensis* parece producir un mayor número de conidias cuando es estimulado por luz roja o blanca (8).

Basados en estos resultados, se evaluó el efecto de distintos tipos de luz sobre la conidiación de *M. fijiensis* junto con otras variables que se sabe afectan el desarrollo de los hongos tales como el medio de cultivo la duración de exposición a la luz, el efecto de la aireación, la edad, la procedencia de la cepa y el efecto de la replicación de los aislamientos.

### MATERIALES Y MÉTODOS.

Para todos los ensayos se partió de cultivos monospóricos provenientes de la zona bananera de Urabá, Colombia. Las cepas fueron incubadas a 26±1°C en forma independiente bajo luz de cuatro longitudes de onda: roja, azul, verde y blanca (Silvana Green F20T12/G 20W, Silvana Blue F20T12/B 20W, Silvana Daylight F20T12/D 20W y Silvana Red F20T12/R 20W) con una intensidad lumínica de 1500 lux, por periodos de 1, 2, 4, 8 y 12 días y un tratamiento en oscuridad como control. Adicionalmente para establecer el momento en el que se iniciaba la producción de las conidias, se evaluaron cultivos a los 4, 8, 11 y 15 días de desarrollo bajo luz constante. Después de los diferentes tratamientos, se evaluó la producción de conidias y fragmentos de micelio en cámara de Neubauer. Los medios de cultivos evaluados fueron PDA y V8 suplementado con 0.2 g/l de CaCO<sub>3</sub>. También se evaluó el efecto de la aireación sellando las cajas de Petri con cepas en desarrollo con parafilm. La influencia de la procedencia del monospórico se determinaron a partir de aislamientos provenientes

<sup>1</sup> Unidad de Biotecnología Vegetal UNALMED-CIB

<sup>2</sup> Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Facultad de Ciencias

<sup>3</sup> Universidad de Antioquia

<sup>4</sup> Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid. Contacto Email: rarango@cib.org.co

de diferentes fincas y la influencia de la edad del monosporico se evaluó con periodos de crecimiento de 15, 30 y 45 días. Así mismo se evaluó la influencia de replicar un cultivo más de una vez. Para esto, se sembró un inóculo en medio V8 con 0.2 g/l de  $\text{CaCO}_3$  y se expuso inmediatamente a luz continua durante 15 días. Al mismo tiempo se sembró un control que se llevó a oscuridad igualmente por 15 días. Luego de este tiempo, se cuantificó las conidias que provenían de luz y las de oscuridad se replicaron nuevamente para incubarlas por 15 días más bajo las mismas condiciones de luz, medio de cultivo y temperatura utilizadas anteriormente. Finalizado este tiempo se cuantificaron las conidias de este tratamiento.

Para el análisis estadístico de los resultados de todos los experimentos se tomó el número de conidias y fragmentos de micelio obtenidos en cada cultivo y se realizó un análisis de varianza para establecer la existencia de diferencias significativas entre las medias de los tratamientos, además se utilizó el método de Tukey y una prueba de contrastes para determinar diferencias dentro de los tratamientos. El análisis de los promedios sirvió también para comprobar las diferencias entre las medias.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

### Influencia de la luz y del medio de cultivo.

No existieron diferencias en la producción de conidias entre los medios de cultivo V8 +  $\text{CaCO}_3$  y PDA. Sin embargo, para la producción de micelio, el medio PDA resultó ser más efectivo.

La longitud de onda más eficiente para el desarrollo de conidias fue la del espectro rojo seguida de la azul, verde y blanca. Bajo oscuridad total se presentó la más baja presencia de conidias. Aunque el desarrollo micelial mantuvo esta misma tendencia, las diferencias no fueron significativas.

### Valoración del efecto de períodos de luz.

El lapso de exposición a la luz al que se somete el cultivo fue proporcional a la producción de conidias, siendo el tratamiento más eficiente los 12 días de exposición, seguido de 8, 4, 2 y 1 día de exposición lumínica. La producción de micelio no se afectó por los distintos tratamientos.

El progresivo aumento observado en el número de conidias en relación al tiempo de exposición a luz, indica que el desarrollo asexual de este patógeno es dependiente del lapso de tiempo que se exponga a este factor, por lo menos dentro de los primeros 12 días de haberse iniciado el cultivo, tiempo en el cual parece existir una relación directa entre el número de conidias y el tiempo de exposición a luz. Se comprueba que la luz en forma continua o por períodos no determina el crecimiento del micelio, siendo probablemente más dependiente de las condiciones nutricionales y ambientales que se le brindaron, a diferencia del desarrollo asexual el cual mostró ser dependiente de la luz en forma continua.

### Aparición de conidias en relación al crecimiento micelial.

El ensayo para estimar el momento de iniciación en la producción de conidias mostró que a los cuatro días se empiezan a observar estas estructuras, pero su cantidad es proporcional al tiempo de incubación, obteniéndose conidias y micelio en mayor proporción a los 15 días.

Al examinar el número de conidias producido, se puede establecer que aunque la menor cantidad se produjo a los 4 días de crecimiento, a esta edad del cultivo las conidias ya se encuentran presentes, por lo tanto es posible que estas estructuras empiecen a desarrollarse desde el momento en que el micelio empieza a crecer, si las condiciones son favorables. Bajo condiciones apropiadas el aumento en el número de conidias parece estar directamente relacionado al aumento del micelio como consecuencia del crecimiento normal del hongo.

### Efecto de aislamiento por sellado.

La evaluación de aireación demostró que para producción de conidias y micelio no existen diferencias entre no sellamiento y sellamiento parcial o total de la cepa en crecimiento.

En nuestro experimento el sellado de las cajas no tuvo un efecto significativo sobre el desarrollo de *P. fijiensis*, y debido a la alta presencia de conidias en cualquiera de los tres ensayos realizados no se puede afianzar o descartar la eficacia de alguno de estos tratamientos.

Aunque las diferencias no fueron estadísticamente significativas, el mayor número de conidias se presentó en aquellas cajas que permanecieron sin sellar durante todo el tiempo de desarrollo, seguido de aquellas que permanecieron solo la mitad del tiempo aisladas, y el menor número de conidias se produjo en aquellas que permanecieron selladas todo el tiempo de crecimiento. Esta diferencia en el número de conidias esta en concordancia con otros trabajos (9), en los que se reporta que los

patrones de sellado afectaron significativamente la esporulación de *M. fijiensis*. Esta resultó mejor en las cajas que no se sellaron durante el experimento o se dejaron sin sellar durante los últimos 7 días.

#### **Influencia de la edad de la cepa monospórica.**

El mayor número de conidias se obtuvo a partir de cepas desarrolladas durante 30 días, seguido de 15 y 45 días. La interpretación de estos resultados puede indicar que a los 30 días de crecimiento existe en la cepa un pico de desarrollo mientras que a los 15 días aún no es lo suficientemente receptiva a la estimulación, y a los 45 días esta capacidad ha decrecido posiblemente debido a condiciones. A los 30 días de crecimiento la cepa cumple con las condiciones de desarrollo más eficientes para servir de inóculo inicial en un cultivo donde el objetivo es la obtención de conidias.

#### **Efecto de la procedencia de la cepa monospórica.**

El origen del monospórico no influyó significativamente en la producción de conidias ni de micelio. La poca variación en el número de conidias y micelio obtenidos al evaluar cepas de diferentes lugares, es un poco sorprendente ya que se ha reportado diferencias de patogenicidad y virulencia de *M. fijiensis* (10) aún dentro de pequeñas áreas geográficas.

#### **Influencia de la replicación del cultivo.**

El número de replicas realizadas en el cultivo afectó significativamente la producción de conidias y fragmentos de micelio, la producción de conidias fue significativamente mayor cuando el cultivo fue sometido únicamente a una replica.

### **CONCLUSIONES.**

La luz continua y en especial una longitud de onda roja demuestran ser el factor más preponderante en la producción de conidias, sin embargo para el crecimiento micelial este factor no es influyente. Tanto el medio de cultivo PDA como V8 con  $\text{CaCO}_3$  satisfacen las necesidades para el desarrollo asexual y micelial el hongo. Bajo las condiciones anteriormente descritas, un cultivo de 15 días, y proveniente de una cepa monospórica crecida durante 30 días garantizarán una alta producción de conidias.

### **AGRADECIMIENTOS**

Este trabajo fue realizado como parte del Proyecto: "Evaluación de la influencia de la luz y de algunos nutrientes en la reproducción asexual de *Mycosphaerella fijiensis* Morelet. Estudios *in vitro* y a nivel de campo" financiado por COLCIENCIAS (Contrato No. 261-2005).

### **BIBLIOGRAFIA**

- 1 Marín, D., Romero, R., Guzmán, M., Sutton, T. 2003. Black Sigatoka: An increasing threat to banana cultivation. Plant Disease Vol 87 N°3 208-222
- 2 Fullerton, R. A. 1994. Sigatoka leaf diseases. Pages 12-14 in: Compendium of Tropical Fruit diseases. R. C. Ploetz, G. A. Zentmayer, W. T. Nishijinia, K. G. Rohrbach, and H. D. Ohr, eds. American Phytopathological Society, St. Paul, MN.
- 3 Fullerton, R. A. & Stover, R. H. (Eds) 1990. Sigatoka leaf spot diseases of bananas. Proceeding of an international workshop. INIBAP. San Jose, Costa Rica. 374p
- 4 Sulyo, Y. 1992. Major banana diseases and their control. IARD Journal 14 (3 & 4): 55-58
- 5 Valmayor, R. V., Umali, B. E., y Bejosano, C. P. 1991. Banana diseases in Asia and the Pacific. Proceeding of a regional technical meeting on diseases affecting banana and plantain in Asia and Pacific. INIBAP. Brisbane, Australia. 180p
- 6 Lauter, F. 1996. Molecular genetics of fungal photobiology. J Genet 75, 375-386.
- 7 Linden, H., Ballario, P. & Macino, G. 1997. Blue light regulation in *Neurospora crassa*. Fungal Genet Biol 22, 141-150.
- 8 Paniagua, C. 2004. Desarrollo de la Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) bajo condiciones controladas de invernadero en una variedad de banano resistente y una susceptible a la enfermedad. Tesis. Facultad de Ciencias Agrarias. Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid. Medellín.
- 9 Etebu, E. Pasberg-Gauhl, C. Gauhl, F. & Ayibo Daniel-Kalio, L. 2005. L. Effect of light and sealing pattern on sporulation and growth of *Mycosphaerella fijiensis*. InfoMusa - Vol. 14 - No.1
10. Fullerton, R., & Olsen, T. 1995. Pathogenic variability in *Mycosphaerella fijiensis* Morelet, cause of black Sigatoka in banana and plantain. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science, Vol. 23: 39-48.

## EXTRACELLULAR ENZYMES INHIBITION AS AN ALTERNATIVE AND COMPLEMENTARY TREATMENT FOR INTEGRATED CONTROL AGAINST BLACK SIGATOKA

## INHIBITION DES ENZYMES EXTRACELLULAIRES COMME TRAITEMENT ALTERNATIF ET COMPLEMENTAIRE POUR LA LUTTE INTEGREE CONTRE LA CERCOSPORIOSE NOIRE

Gauthier Boels<sup>1</sup>

### SUMMARY

Biophytomax is a liquid product that can be used to prevent certain plant disease development. It acts on diseases caused by microorganisms that produce extracellular degradative enzymes. These enzymes destroy plant cell walls and cause plant tissue degradation. This cell destruction furnishes cell inner content as a substrate for microorganisms growth and so disease development. Biophytomax act as an enzyme inhibitor that will stop degradative enzymes action. As enzymes degradative action is stopped, microorganism development, and so caused disease, is also stopped. Different experiments have been realised on banana trees and the black sigatoka disease caused by *Mycosphaerella fijiensis*. The goal of first experiments was to measure *Mycosphaerella* growth inhibition in-vitro. A strong growth inhibition was observed on petri plates and in a liquid nutrient solution containing 1% biophytomax. Second experiment was a field trial in which Biophytomax was also combined with the Banole oil from TOTAL. Results showed a decrease of the disease development comparing to an untreated reference. For this trial, such decrease is not globally significant. However, results are encouraging and further trials are planned in the field and for post harvest treatment.

**Keywords:** Banana, black sigatoka, enzyme, inhibition, integrated control, organic

### RESUME

Biophytomax est un produit liquide utilisé pour limiter le développement de certaines maladies des plantes. Il agit sur les maladies causées par des microorganismes produisant des enzymes de dégradation extracellulaires. Ces enzymes dégradent les parois cellulaires végétales et entraînent la dégradation des tissus. Cette dégradation libère le contenu cellulaire qui sert de substrat aux microorganismes pour leur développement, permettant ainsi le développement de la maladie. Biophytomax est un inhibiteur d'enzyme qui va agir en bloquant l'action des enzymes de dégradation extracellulaires. Cette action de dégradation étant stoppée, les microorganismes pathogènes n'obtiennent plus le substrat nécessaire à leur croissance et le développement de la maladie est ainsi stoppé. Différentes expériences ont été réalisées sur le bananier et la maladie de la cercosporiose noire causée par *Mycosphaerella fijiensis*. Le but des premières expériences était de mesurer l'inhibition de la croissance de *Mycosphaerella fijiensis* in-vitro. Une forte inhibition a été observée sur boîte de pétri et en milieu nutritif liquide en présence de 1% v/v du produit Biophytomax. Un essai terrain a ensuite été réalisé dans lequel Biophytomax a également été testé en combinaison avec l'huile BANOLE de TOTAL. Les résultats montrent une réduction du développement de la maladie par rapport à un témoin non traité. Dans cet essai, les différences entre traitements ne sont globalement pas significatives. Cependant, les résultats sont encourageants et d'autres essais sont prévus au champ et en conditions post-récoltes.

### INTRODUCTION

Many plant diseases are caused by microorganisms, bacteria and fungi. In many cases, the first infection step by these microorganisms is plant cell walls attack and destruction by enzymes (Barras et al., 1994; Garibaldi et Bateman, 1971). These enzymes are produced by pathogen microorganisms in order to degrade plant tissues and furnish them substrate for their growth (Stack et al., 1980). Due to the complex structure of plant cell walls, various enzymes activity are needed and produced by pathogen microorganisms (Chatterjee et al., 1995; Bateman, 2000):

<sup>1</sup> REALCO S.A. – R&D Manager Av Albert Einstein,15 – B-1348 Louvain-La-Neuve, Belgium  
[g.boels@realco.be](mailto:g.boels@realco.be)

- |                         |                     |
|-------------------------|---------------------|
| - Pectin méthylestérase | - Polygalacturonase |
| - Pectate lyase         | - Protease          |
| - Pectin lyase          | - Cellulase         |

Various pathogen microorganism are able to produce these extracellular degradative enzymes. As these enzymes are specific for basic plant cell walls component (pectin, cellulose, proteins...), such microorganisms are responsible of many disease on many and various crops, in all parts of the world. The goal of Biophytomax product is to act as an extracellular enzyme inhibitor. By inhibiting degradative enzymes action, biophytomax will stop the first step of plant infection and thus disease development.

REALCO is a company specialized in enzyme product development and commercialisation for various application fields like wastewater treatment, industrial cleaning or rearing effluent treatment. A particular know-how of REALCO is complex liquid formulations based on enzymes. To achieve the development of such formulations, REALCO has gained important knowledges on enzymes stabilisation. The idea of Biophytomax is to apply such techniques to plant disease control. The first research step was efficient inhibitors selection for this new application, followed by inhibitors optimum dosage selection. These first steps were realised at lab scale. First trials were realised on two different pathogen microorganisms: *Erwinia var carotovora*, a bacteria causing soft rot disease on potatoes, and *Botrytis cinerea*, a fungi causing rotting on tomatoes and courgettes (among others). Results were positive in post harvest treatment for tomatoes and courgettes, and on potatoes in case of strong infection.

Black Sigatoka is the main disease for banana cultivation (Carler et al, 2000). Its causal agent, the fungi *Mycosphaerella fijiensis* is getting more and more resistant to classic fungicide, generally used for disease control. A contact was established between REALCO and the French oil company TOTAL, that produce a mineral oil, BANOLE, largely used for fungicide application on banana cultivation. A collaboration started to evaluate the possibility of applying Biophytomax to Black Sigatoka control. However, few information are available concerning the precise pathogenic action of *Mycosphaerella fijiensis*. Some studies have shown the implication of toxins production by the fungi (Stierle et al., 1991), but another pathogenic action was observed, without being clearly identified. REALCO started a lab scale analyse in order to evaluate if whether or not biophytomax has an action on this disease. After positive lab results, an important field trial has been realised. This document presents all these results.

The goal of the Biophytomax project is to develop an alternative means of struggle. Indeed, Biophytomax presents different important advantages that differentiate it from classic fungicide. First, it is not a chemical "killer" agent. The goal of Biophytomax is not to kill microorganisms but to stop their development. Following this, Biophytomax is not aggressive for the user or the environment. Second, it has no permanency in the environment and do not pollute surrounding areas. Relating with theses two points, the third advantage is it's possible use for organic cultivation. Finally and above all, it's main advantage is avoiding resistance development. Indeed, with this process of extracellular enzymes inhibition, the microorganism itself is not attacked.

In the case of Black Sigatoka, as well as for many other plant diseases, resistance development is becoming a considerable problem. Following their intensive use, lots of fungicides are now inefficient. Integrated struggle became indispensable, but still, possible solutions are more and more decreasing. Black Sigatoka is even one of the most well known case of resistance development. The goal of Biophytomax is not to replace entirely classic fungicides, but to offer an alternative means of struggle that will not promote resistance development itself but will also allow reducing classic fungicide pressure and subsequent resistance development.

## MATERIALS AND METHODS

First experiments are about *Mycosphaerella fijiensis* inhibition in vitro. Two tests were realized in order to follow fungal development, one on Petri plates and the other in a liquid nutrient solution. Third experiment is a field trial. For lab analyses, *Mycosphaerella fijiensis* strain has been furnished by the CIRAD (Centre de coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement, Montpellier, France).

### Petri plates

Growth medium is composed of :

- Agar (30g/l)



- Vegetable juice V8 (300 ml)
- CaCO<sub>3</sub> (3 g/l)
- Deionised water (700 ml)
- A mix of two antibiotics (Pénicilin 0,02 g/l and Streptomycin 0,03 g/l)

This medium is sterilized by autoclave and ten plates are prepared. Before adding the growth medium to the plates, 1% volume of Biophytomax product is added for the five treated plates. The five others are used as reference. Each plate is inoculated with a sample of *Mycosphaerella fijiensis* fixed on piece of agar (furnished by CIRAD Montpellier - France). Fungal growth is followed visually at 25°C with 12/12 photoperiod.

#### Liquid medium

Composition of liquid growth medium is equal as for Petri dishes, except the agar that is not added. This medium is sterilized by autoclave and 1% volume of biophytomax is added in the treated samples. This liquid medium is placed in closed sterilized glass bottles with an electronic manometer system (OXITOP EC100), three bottles for each treatment (Biophytomax and reference). All bottles are inoculated with *Mycosphaerella fijiensis* and placed in incubation room at 25°C with photoperiod 12/12. This manometric system allows to measure oxygen consumption inside the bottles that can be directly related to microorganism growth.

#### Field trial

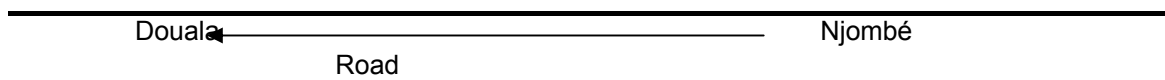
Field trial has been realized by CARBAP research centre in Cameroon. This trial compared biophytomax action with a negative reference (no treatment) and two positive references (two classical fungicide products). It has been realized on a 4 months period, 0,5 ha field, 130 banana trees per treatment. Treatments were applied regarding disease development.

- Banana cultivar : Grande Naine (Cavendish, AAA) that is very sensitive to Black Sigatoka disease.
- Reference treatments:
  1. PENNCOZEB 75 DG (Mancozèbe) : contact fungicide (dithiocarbamat)
  2. IMPULSE 800 EC (spiroxamine) : systemic fungicide (spirocétalamines)
  3. BANOLE: mineral oil
- Applied treatments are:
  - T1 : Non treated
  - T2 : BIOPHYTOMAX (0.2 l/ha) + water (19.8 l/ha)
  - T3 : Référence 1 : PENNCOZEB 75 DG (Mancozèbe) 2kg/ha (1.6 kg m.a/ha) + eau (20l/ha).
  - T4 : BIOPHYTOMAX (0.2 l/ha) + BANOLE oil (19.6 l/ha) + Triton X45 (198 ml)
  - T5 : Référence 2 : IMPULSE 800 EC (Spiroxamine), 0.4 l ha (320g m.a/ha) + BANOLE oil (19,6 l/ha)
  - T6 : Référence 3 : BANOLE oil (20 l/ha)

Treatments were applied by soil atomization (atomizer STIHL or SOLO), 20 l per hectare.

- Total trial surface was 0,5 ha, 805 banana trees, 130 banana trees for each treatment. Treatments were not repeated and were randomly disposed on the field as follow:

|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x  | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | T4 | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x  | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x  | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x  | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| b | b | b | b | b | b | b | b | b | b | b  | b | b | b | b | b | b | b | b | b | b | b | b |
| x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x  | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | T2 | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x  | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x  | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x  | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| b | b | b | b | b | b | b | b | b | b | b  | b | b | b | b | b | b | b | b | b | b | b | b |
| x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x  | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | T6 | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x  | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x  | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x  | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| b | b | b | b | b | b | b | b | b | b | b  | b | b | b | b | b | b | b | b | b | b | b | b |
| x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x  | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | T3 | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x  | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x  | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x  | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| b | b | b | b | b | b | b | b | b | b | b  | b | b | b | b | b | b | b | b | b | b | b | b |
| x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x  | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | T5 | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x  | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x  | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x  | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| b | b | b | b | b | b | b | b | b | b | b  | b | b | b | b | b | b | b | b | b | b | b | b |
| x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x  | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | T1 | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x  | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x  | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x  | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |



**x: Observed**  
**banana trees**

Figure 1 : Field trial for the performance evaluation of an enzyme inhibitor by comparison with two classic fungicides and a negative reference. Treatments disposition on the field.

- 10 Banana trees were observed each week with following three parameters:

- Disease Development (DD) : correspond to the infestation level and based on total number of leaves, height of the cigar, highest stage of the disease for leaves II, III, IV. Calculated following observation on leaves: relation "leaf number – stage of the disease" gives a coefficient as follow:

|               |   | Leaf number |     |     |
|---------------|---|-------------|-----|-----|
| Disease stage |   | II          | III | IV  |
| 1             | - | 60          | 40  | 20  |
|               | + | 100         | 80  | 60  |
| 2             | - | 100         | 80  | 60  |
|               | + | 140         | 120 | 100 |
| 3             | - | 140         | 120 | 100 |
|               | + | 180         | 160 | 140 |
| 4             | - | 180         | 160 | 140 |
|               | + | 200         | 200 | 180 |
| 5             | - | 220         | 200 | 180 |
|               | + | 260         | 240 | 220 |
| 6             | - | 260         | 240 | 220 |
|               | + | 300         | 280 | 260 |

Table 1: coefficient table for Disease Development calculation

$$DD = FER \times S$$

FER (Foliar Emission Rhythm) = number of leaves emitted for the last two weeks (mean for the 10 banana trees)

S = Sum of the coefficient for each leaf observed

- Youngest leaf spotted (YLS): youngest leaf presenting stage 1 of the disease
- Youngest leaf necrotized (YLN): youngest leaf presenting stage 5 or 6 of the disease. Increase when sanitary conditions improve in the field.

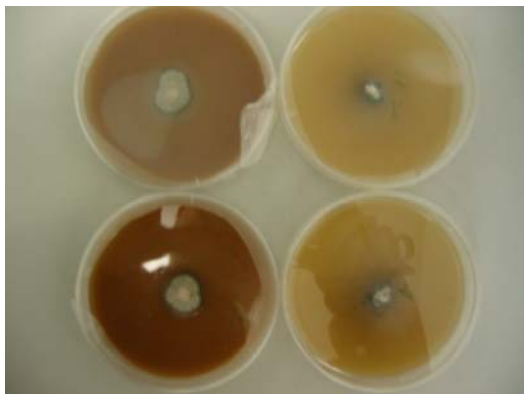
- Trial was realized on a 4 months period, from 25 of April 2005 till 8 of Augustus 2005. Treatments were realized on the following days:

| Treatment | Date     | Days between two treatments |
|-----------|----------|-----------------------------|
| 1         | 13/05/05 | 0                           |
| 2         | 24/05/05 | 11                          |
| 3         | 07/06/05 | 14                          |
| 4         | 14/06/05 | 7                           |
| 5         | 28/06/05 | 14                          |
| 6         | 06/07/05 | 8                           |
| 7         | 18/07/05 | 12                          |
| 8         | 26/07/05 | 8                           |
| 9         | 04/08/05 | 9                           |
| 10        | 09/08/05 | 5                           |
| 11        | 16/08/05 | 7                           |
| 12        | 26/08/05 | 10                          |

Table 2 : Treatment application

## RESULTS

### 1. PETRI PLATES



**Picture 1 :** *Mycosphaerella fijiensis* growth on medium containing biophytomax (right) or not (left) after 12 days.

Difference is clear. In the plates containing the inhibitor, microorganism growth is limited to the inoculum agar piece while it starts to colonize growth medium in the reference plates. Presence of Biophytomax prevent *Mycosphaerella fijiensis* development on growth medium.

### 2. LIQUID MEDIUM

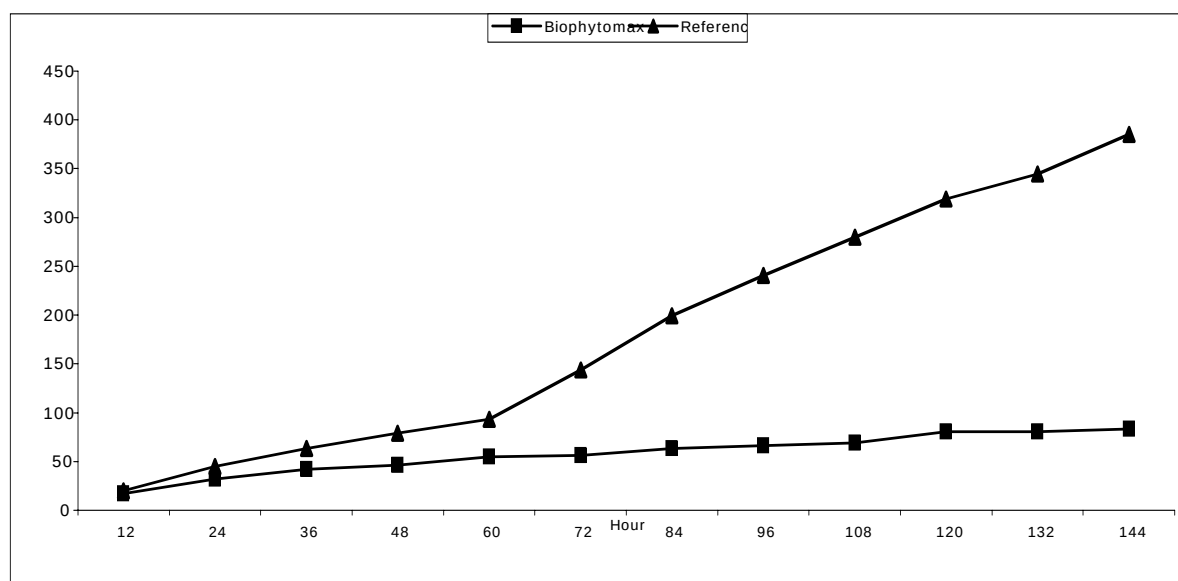


**Figure 3 :** *Mycosphaerella fijiensis* growth (O<sub>2</sub> consumption) in liquid medium with (Biophytomax) or without (reference) enzyme inhibitor

During first 60 hours, growth is similar for both treatments. After that period, *Mycosphaerella fijiensis* growth is much more important in the reference treatment. Presence of Biophytomax inhibit fungal development in liquid nutrient solution.

These lab results prove the capability of biophytomax to inhibit *Mycosphaerella fijiensis* growth.

### 3. FIELD TRIAL

#### Disease development

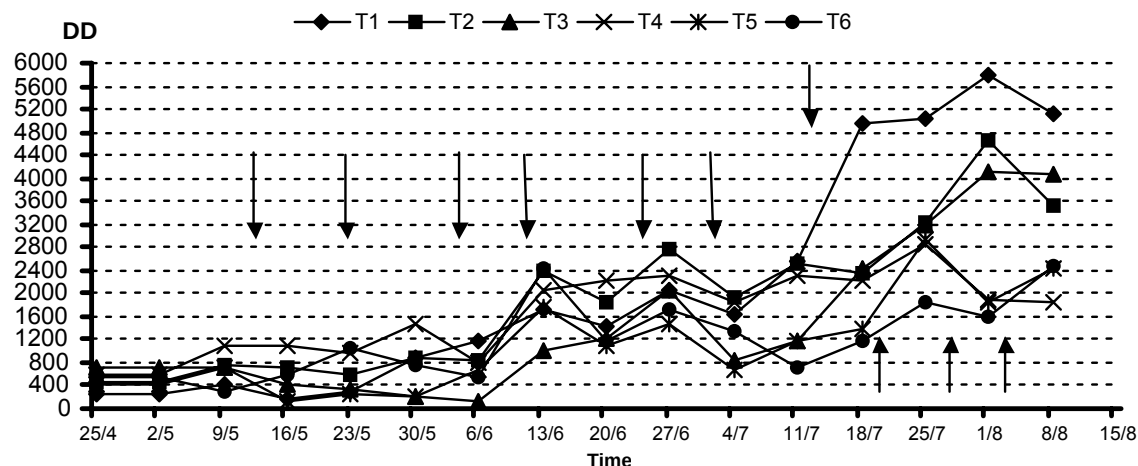


Figure 4 : Development of Black Sigatoka disease on banana trees with application of different fungicide or inhibitor treatment (↓ : treatment application)

For the field trial, results were quite similar for all treatments till week 7 (6/6) or even week 12 (11/7). This is due to a weak disease pressure during that period. Following CARBAP, the global results do not allow to conclude to a positive effect of BIOPHYTOMAX. Indeed, means of the results collected on the all trial period do not show any significant difference between treatment and present Biophytomax treatments as the less effective results. But, as results of the first weeks do not show any trend and even place the negative reference (without treatment) as the best treatment during the first four measurements, complete results interpretation seems not efficient.

Another interpretation could consider curves from week 12 (11/7), when disease development becomes significant. That period, with a strong disease pressure should be more representative of treatments effect. Trends are then observable as BIOPHYTOMAX curves show a reduction in disease development comparing to the negative reference. More, BIOPHYTOMAX+water curve (T2) is similar to contact fungicide+water (T3) and BIOPHYTOMAX+BANOLE curve (T4) is similar to systemic fungicide +BANOLE (T5).

This analyse is more clear in the following tables. On the all trial period, differences between treatments are small and Biophytomax results not good. But starting from 11/07 (last month of the trial), differences are more visible and Biophytomax ranking fits better with what is observed on figure 4.

| Treatments                           | DD   | YLN | YLS |
|--------------------------------------|------|-----|-----|
| IMPULSE 800 EC (0.4 l/ha) + oil (T5) | 1269 | 7.0 | 3.3 |
| BANOLE oil (2 l/ha) (T6)             | 1307 | 6.8 | 3.3 |
| PENNCOZEB 75 DG (2kg/ha) (T3)        | 1480 | 6.5 | 3.2 |
| BIOPHYTOMAX (0.2 l/ha)+ oil (T4)     | 1759 | 6.2 | 3.0 |
| BIOPHYTOMAX (0.2 l/ha)+ water (T2)   | 2018 | 6.0 | 3.0 |
| Untreated reference (T1)             | 2410 | 6.1 | 3.1 |

Table 3 : Means of Disease Development (DD), Youngest leaf spotted (YLS), Youngest leaf necrotized (YLN) calculated for the 6 treatments during the all trial period (4 months)



| Treatments                           | DD   | YLN | YLS |
|--------------------------------------|------|-----|-----|
| BANOLE oil (2 l/ha) (T6)             | 1835 | 6,9 | 3,0 |
| IMPULSE 800 EC (0.4 l/ha) + oil (T5) | 2169 | 5,6 | 2,8 |
| BIOPHYTOMAX (0.2 l/ha)+ oil (T4)     | 2196 | 6,4 | 2,7 |
| PENNCOZEB 75 DG (2kg/ha) (T3)        | 2715 | 5,6 | 2,8 |
| BIOPHYTOMAX (0.2 l/ha)+ water (T2)   | 3104 | 5,4 | 2,6 |
| Untreated reference (T1)             | 4744 | 4,4 | 2,3 |

Table 4 : Means of Disease Development (DD), Youngest leaf spotted (YLS), Youngest leaf necrotized (YLN) calculated for the 6 treatments from 11/07 till 08/08.

Youngest leaf spotted (YLS), Youngest leaf necrotized (YLN)

Figures for YLS and YLN are less clear. All curves are close and it's more difficult to see any trend. Results in table 3 and 4 could be analysed in the same way as for DD results. Small differences for all trial period, that are more clear for the last month. For YLS, results are almost equivalent but they show no positive response to Biophytomax. Results for YLN show a good result of Biophytomax + oil and a similar result for Biophytomax + water and the classic fungicides.

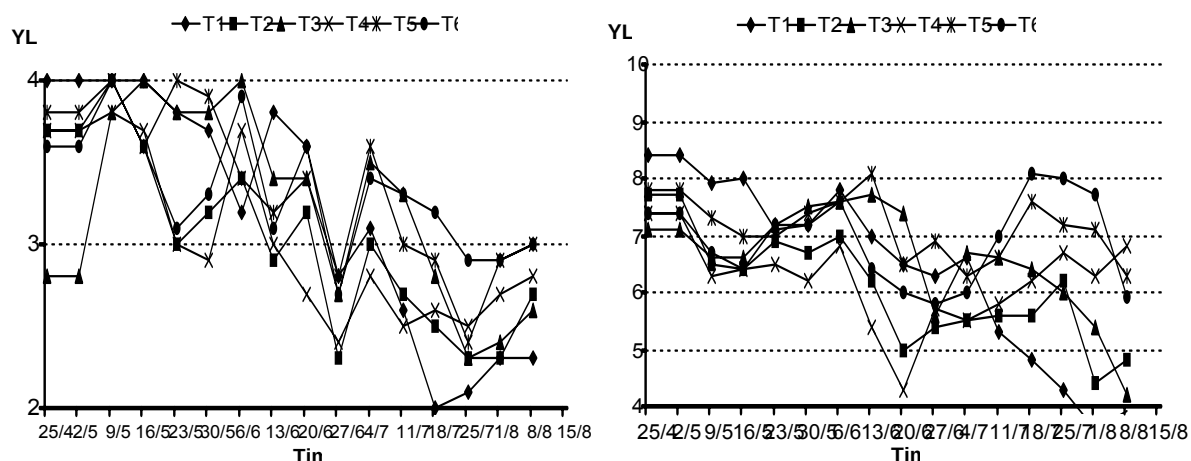


Figure 5 and 6 : Evolution of Youngest leaf necrotized (YLN) and Youngest leaf spotted (YLS) on banana trees with application of different fungicide or inhibitor treatment

## CONCLUSIONS

Lab results show the applicability and the potential of Biophytomax method for the control of Black Sigatoka disease. Indeed, In-vitro experiments clearly show inhibition of the pathogen microorganism *Mycosphaerella fijiensis*.

Field trial results are less clear. They do not allow to confirm to a significant effect, but they are really encouraging. Indeed, results show a reduction of disease development comparing to a negative reference and an effectiveness comparable to classic fungicides. More, due to technical limit, Biophytomax dosage for this trial was not efficient. Only 0,2 l/ha were used while up to 2 or 3 litters could be use. Second, Biophytomax treatments (T4 and T2) were placed in the field besides another trial for which *Mycosphaerella fijiensis* inoculation was realized. By air contamination, this could create a higher disease pressure for this treatments.

At the moment, results can thus be considered as very encouraging. Biophytomax could represent a new means for integrated control against Black Sigatoka. Biophytomax will not replace classic fungicides, but it could be used in an integrated program, in addition to classic treatments in order to reduce their intensive use and the subsequent problem of resistance development. It could even bring a wide solution, as it would not face resistance development itself and could be used for organic culture. This has to be confirmed by more field results and other field trials are thus planned.

## ACKNOWLEDGEMENTS

This paper has been reviewed by Catherine Abadie (CIRAD, Centre de cooperation Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement, TA 50/04 Avenue Agropolis Montpellier, France) and Brice Dupuis (CRA, Centre de Recherche Agronomique de Gembloux, 100 Rue du Serpont, Gembloux, Belgique).

Field trial has been realised by the CARBAP (Centre Africain de Recherche sur Bananiers et Plantains, M Eric Fouré, Bureau de liaison B.P.832 Douala, Cameroun), in collaboration with TOTAL FLUIDES (M Eric Bureau, 51 Esplanade du Général de Gaulle – La Défense 10, Paris la Défense Cedex, France)

## BIBLIOGRAPHY

1. Barras F., Van Gijsegem F. and AK Chatterjee 1994 Extracellular enzymes and pathogenesis. of soft-rot *Erwinia*. Ann. Rev. Phytopathol. 32: 201-234.
2. Bateman, D.F. 2000 Plant cell wall hydrolysis by pathogens In "Biochemical aspects of plant-parasite relationship" J. Firend and D.R. Threlfall (Ed.) Academia press Inc. New-York pp 79-103
3. Carlier, J., et al., Black Leaf Streak. In: JONES, D.R. (Ed.). 2000 Diseases of banana, abaca and enset, CABI publishing, Wallingford, UK 37-79.
4. A Chatterjee, Y Cui, Y Liu, CK Dumenyo, and AK Chatterjee 1995. Inactivation of *rsmA* leads to overproduction of extracellular pectinases, cellulases, and proteases in *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora* in the absence of the starvation/cell density-sensing signal, N-(3-oxohexanoyl)-L-homoserine lactone Appl. Environ. Microbiol. 61: 1959-1967.
5. GARIBALDI, A. AND DF BATEMAN. 1971. Pectic enzymes produced by *Erwinia chrysanthemi* and their effects on plant tissue. Physiol. Plant Pathol. 1: 25-40
6. Stack, J. P., M. S. Mount, P. M. Berman, and J. P. Hubbard 1980. Pectic enzyme complex from *Erwinia carotovora*: A model for degradation and assimilation of host pectic fractions. Phytopathology 70:267-272.
7. Stierle, A.A., et al., 1991 The phytotoxins of *Mycosphaerella fijiensis*, the causative agent of Black Sigatoka disease of bananas and plantains, Experientia 47 853-859.

## MONITORAMENTO DA NANICÃO IAC 2001

### MONITORING OF 'NANICÃO IAC 2001'

Raul Moreira<sup>1</sup>; Luiz A. Saes<sup>2</sup>; Edson S. Nomura<sup>3</sup> & Wilson da Silva Moraes<sup>4</sup>

#### RESUMO

A identificação e seleção da cultivar Nanicão IAC 2001 (Cavendish), tolerante à sigatoka amarela quando cultivada em boas condições recomendadas para o plantio de bananas, possibilitou pesquisar-se, nestas mesmas condições, seu comportamento em relação à sigatoka negra, após a mesma ter contaminado os bananais no Estado de São Paulo, Brasil, em 2004. Conclui-se que em condições subtropicais, ela apresenta maior tolerância que os cultivares tradicionais a essa nova enfermidade e que sua colheita deve ser feita antes de seu completo desenvolvimento e que no processamento de maturação, a temperatura da câmara deve ser inferior e ainda permanecer por mais tempo do que a tradicional cultivar Nanicão dentro dela.

**Palavras Chave:** Giant Cavendish, Sigatoka negra, Monitoramento, Subtrópico.

#### SUMMARY

The identification and selection of the cultivar Nanicão IAC 2001 (Cavendish), tolerant to yellow sigatoka under good conditions to growth bananas, allowed to study its behavior in relation to black sigatoka, after the disease has contaminated the State of São Paulo, Brazil, in 2004. It is possible to conclude that in subtropical conditions, it is also tolerant to this new disease although it should be harvested still unripe (few than 36mm) and use lower temperature and longer maturation process than the traditional Nanicão cultivars.

**Keywords:** black sigatoka, disease, climate conditions

#### INTRODUÇÃO

Parafraseando um ilustre jornalista gaúcho, conhecido pela alcunha de Barão de Itararé, que disse "Triste não é mudar de idéias; triste é não ter idéias para mudar", podemos dizer, a cultivar Nanicão IAC 2001 é uma nova opção para os produtores de banana, pois é a única cultivar Cavendish tolerante a sigatoka amarela (*Mycosphaerella musicola* (Leach)) J.L. Mulder (1976), desde sua identificação e seleção em 1995, segundo MOREIRA & SAES (2005).

Quanto ao monitoramento da cultivar Nanicão IAC 2001, deve-se destacar primeiramente a parte de campo e depois a da colheita, pois ela tem demonstrado ser diferente da cultivar comum.

A parte de campo - A chegada da sigatoka negra (cujo agente causal na sua fase perfeita, é classificado como *Mycosphaerella fijiensis* Morelet, 1969 e na imperfeita como *Paracercospora fijiensis* (Morelet) (Deighton, 1976), no Estado de São Paulo, Vale do Ribeira, em Miracatu, em junho de 2004, segundo MORAES *et al.* (2005), está hoje com sua presença caracterizada em maior ou menor porcentagem, segundo as amostras analisadas, oriundas de praticamente todas as regiões do Estado de São Paulo, com exceção de duas, segundo MORAES *et al.* (2006).

Tendo em vista que os prognósticos desta situação já eram esperados, houve necessidade de se pesquisar o grau de tolerância ou mesmo resistência a essa enfermidade, que a cultivar Nanicão IAC 2001 poderia ter, em face de sua tolerância em relação à sigatoka amarela.

As primeiras informações obtidas da cultivar Nanicão IAC 2001, nos mais variados locais onde ela estava sendo cultivada, deixavam evidente que as condições ecológicas, tinham grande influência no seu desenvolvimento e na produção, sendo mais exigente do que a tradicional 'Nanicão' e ainda que o grau de tolerância à sigatoka amarela também variava em função desses fatores.

Por ser uma cultivar nova, não se tem ainda os melhores parâmetros de fertilidade para ser aplicado na 'Nanicão IAC 2001', por falta de experimentação. Segundo o trabalho de MOREIRA *et al.* (1986)

<sup>1</sup> Eng. agrônomo, Dr, Pesquisador científico aposentado do IAC, raulmoreira@mpc.com.br

<sup>2</sup> Eng. agrônomo, M.Sc., Pesquisador científico do IAC, Pólo Regional do Vale do Ribeira, luizalbertosaes@poloaledoribeira.sp.gov.br

<sup>3</sup> Eng. agrônomo, Pesquisador científico do Instituto Biológico, Pólo Regional do Vale do Ribeira, edsonnomura@aptaregional.sp.gov.br

<sup>4</sup> Eng. agrônomo, Pesquisador científico, Pólo Regional do Vale do Ribeira, /APTA/SP, wilson@aptaregional.sp.gov.br

onde foram analisados os principais macros e micronutrientes encontrados nas folhas de 50 diferentes cultivares, ficou demonstrado que as quantidades desses nutrientes variaram entre elas. Implica isto em poder dizer-se que uma única fórmula de adubação em bananeiras não é válida para todas as cultivares, principalmente se pertencerem a diferentes grupos genômicos.

Sendo a sigatoka negra muito mais agressiva, tratou-se de criar as melhores condições de fertilidade e manejo para que ela pudesse demonstrar sua total possibilidade de tolerância a esta terrível enfermidade bananícola, considerada por muitos pesquisadores como a pior delas.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Diante da total premência de tempo em se estudar o potencial genético de produção e resistência e ou tolerância às diferentes enfermidades a que poderia estar sujeita a cultivar Nanicão IAC 2001, em especial à sigatoka negra, aproveitou-se dois lotes dela, que haviam sido plantados no Vale do Ribeira, no Pólo Regional da APTA, em Pariquera açu em setembro de 2003 e no Planalto de São Paulo, no Sítio Planalto, em Paulínia, em março de 2004, aos quais procurou-se fornecer as melhores condições de fertilidade. Para isso esses lotes foram fertilizados com uma mistura básica de macros e micronutrientes recomendados por MOREIRA (1999), para solos de baixa fertilidade e fazendo-se adubações complementares quando apareceram sintomas de cloroses nutricionais específicas, apud MOREIRA (1999). As adubações básicas foram feitas a cada quatro meses.



Foto 1- Nanicão IAC 2001 com cacho e com 8 a 10 folhas vivas, sem sigatoka negra e sem nunca ter sido pulverizado.

Essas regiões têm clima, solo e fertilidade diferentes.

Quanto aos climas (precipitações, temperaturas e umidades relativas máximas e mínimas de cada dia) referentes aos locais dos experimentos instalados em Pariquera açu e Paulínia, eles são classificados como subtropicais, sendo que seus dados não estão anexados ao presente trabalho, por os mesmos constarem dos arquivos climatológicos do IAC, os quais podem ser vistos no site [www.ciagro.iac.sp.gov.br](http://www.ciagro.iac.sp.gov.br).

Quadro 1- Classificação dos tipos de solos dos experimentos e a localidade de cada um deles:

Pariquera Açú - em solo do tipo cambissolo distrófico, encontrado na várzea do rio Jacupiranga, na altitude de 23m, na latitude 24° 37' S e longitude 47° 52' W.

Paulínia - em solo do tipo podzólico vermelho amarelo, sendo a topografia quase plana. A localização geográfica da sede do município de Paulínia é: altitude 590 m, na latitude 22° 76' S e longitude 47° 88' W.

Quadro 2- Análise da fertilidade dos solos dos experimentos\*.

| LOTES            | NUTRIENTE             |                      |     |     |                     |      |       |                      |                    |     |       |      |     |     |
|------------------|-----------------------|----------------------|-----|-----|---------------------|------|-------|----------------------|--------------------|-----|-------|------|-----|-----|
|                  | pH (H <sub>2</sub> O) | Ca                   | Mg  | K   | P (resina)          | C    | M.O.  | CTC                  | S                  | B   | Fe    | Mn   | Cu  | Zn  |
|                  |                       | Mmol/dm <sup>3</sup> |     |     | mg/ dm <sup>3</sup> |      | g/dm3 | mmol/dm <sup>3</sup> | mg/dm <sup>3</sup> |     |       |      |     |     |
| Pariquera<br>açu | 4,2                   | 5,0                  | 4,0 | 0,5 | 3,0                 | -    | 11,0  | 73,9                 | -                  | 0,3 | 74,0  | 14,8 | 0,9 | 0,9 |
| Paulinia         | 5,8                   | 2,1                  | 1,7 | 0,2 | 39,0                | 16,0 | 2,8   | 6,79                 | 7,6                | 0,3 | 113,0 | 5,5  | 0,5 | 4,5 |

\*Análise de solo:- Sistema IAC

O plantio desses dois lotes foi feito no espaçamento de 2 x 2,50m, em sulcos abertos na profundidade de 0,30m, contendo cerca de 1.000 mudas cada um, sendo que em Pariquera açú usou-se mudas de laboratório, pré-formadas em sacos de polietileno e em Paulínia, com mudas do tipo rizoma inteiro, cujo peso médio foi de 2kg, depois de devidamente descorticadas e banhadas em uma solução de hipoclorito de sódio a 1%.

As cloroses mais precoces e acentuadas que apareceram foram de B e Zn seguida pelo K. Para sua eliminação e preventivamente, esses nutrientes foram aplicados, por lote experimental, segundo o quadro 3, por duas vezes ao ano, além das doses rotineiras programadas.

Quadro 3- Quantidades dos nutrientes B, Zn e K aplicados a mais, por lote experimental, juntamente com as adubações básicas, em gramas por família.

| Nutriente           | Pariquera açú | Paulínia |
|---------------------|---------------|----------|
| Ácido bórico        | 10            | 10       |
| Sulfato de zinco    | 20            | 10       |
| Cloreto de potássio | 50            | 50       |

Observação:- O B e o Zn foram aplicados no interior de um filhote desbastado.

O experimento de Pariquera açú não foi irrigado, porém no de Paulínia usou-se um sistema de aspersão sobre copa. As irrigações foram feitas sempre que decorriam 10 dias sem chuvas. A lâmina d'água aplicada a cada vez foi de 30mm, sendo de 60 minutos o tempo da aplicação.

Com esse manejo foram obtidos cachos que variaram em torno de 10 pencas, tendo sempre, por ocasião da colheita, de 8 a 10 folhas vivas. Na segunda colheita o número de pencas aumentou para 12 e o de folhas vivas na colheita permaneceu o mesmo.

Esses dois lotes experimentais estiveram plantados em área anexa a bananais da cultivar Nanicao comum, nos quais os sintomas da sigatoka negra eram perfeitamente visíveis em todas as plantas, nas suas seis fases ou estágios, segundo Fouré, (1985), citado por Orozco (1998).

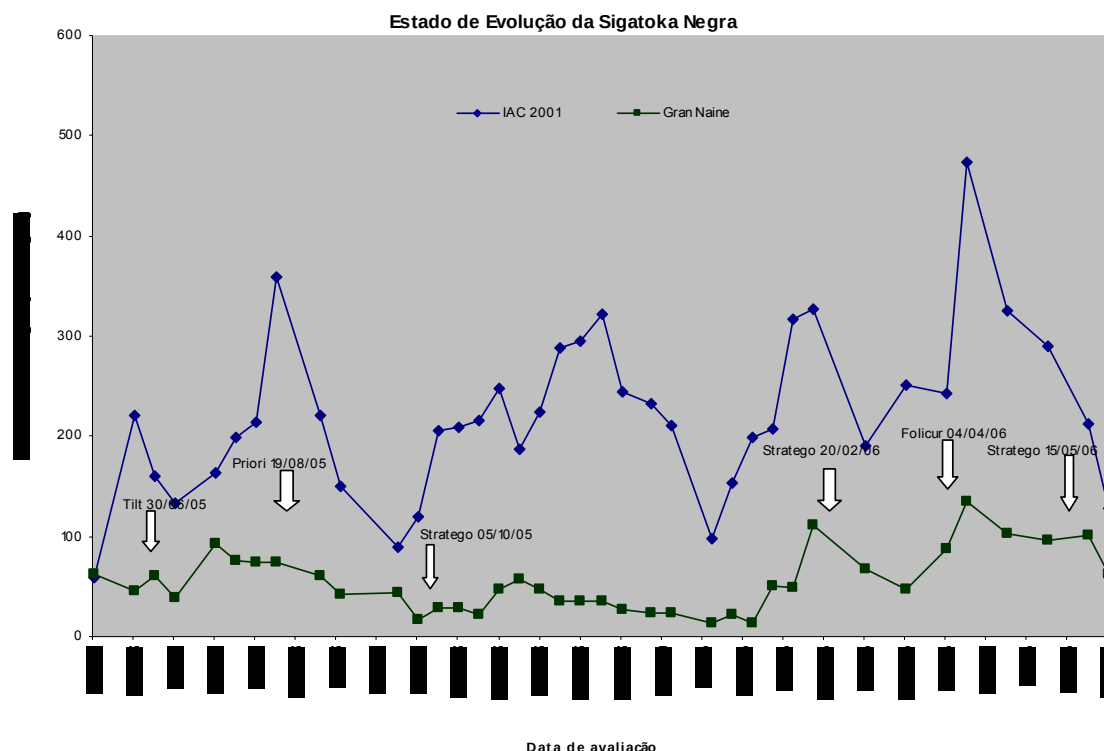
## RESULTADOS

Foram feitas avaliações semanais, a partir de outubro de 2004, nas folhas II e folhas VIII, usando uma lente com aumento de 20 vezes. As bananeiras eleitas para amostragem eram ao acaso, sendo sempre um mínimo de 10 plantas, utilizando as mais velhas da "família", desde que ainda não estivessem próximo do florescimento, em ambos os lotes estudados. Para se fazer uma perfeita observação, tomou-se por prática cortar cerca de 30% da extremidade distal da folha, pois em um levantamento expedito, verificou-se que os sintomas da sigatoka negra somente eram encontrados nessa parte.



Em todas as inspeções feitas, durante o período de outubro de 2004 a março de 2005 e também em outubro de 2005 a março de 2006, foram encontrados nas folhas II sintomas típicos da sigatoka negra na fase I e II. Nas folhas VIII os sintomas se tornavam mais visíveis, devido ao seu necrosamento, sem contudo haver aumento ou evolução dos sinais encontrados na folha II.

Quanto a presença de sintomas da sigatoka amarela, que também foram estudados simultaneamente, elas não ocorreram em nenhum dos dois lotes experimentais, o que já era esperado, segundo MOREIRA & SAES (2005).



Este gráfico contém as informações das datas de aplicações de fungicidas na cultivar Grande Naine na Estação Experimental do Pólo Regional da APTA Vale do Ribeira/SP.

O monitoramento da severidade da doença foi realizado semanalmente em um bananal da cultivar Grande Naine, não tratado com fungicidas, localizado no Bairro do Guarau, município de Jacupiranga/SP, onde é considerado um dos focos iniciais da sigatoka negra (Moraes *et al.*, 2005b). Da mesma forma foram monitorados outros bananais localizados na Estação Experimental do Pólo Regional da APTA Vale do Ribeira em Pariquera-Açu/SP, onde a sigatoka negra ocorre de forma branda. Para isso, a severidade da doença em plantas da cultivar Grande Naine, tratadas com fungicidas, e da cultivar IAC-2001, não tratada com fungicidas, foi monitorada semanalmente, durante junho/2005 a maio/2006.

O monitoramento da severidade foi realizado pelo método de Estado da Evolução, desenvolvido pelo CIRAD em 1972, adaptado por Fouré em 1988, citado e modificado por Moraes *et al.* (2005a). Esse método considera o ritmo de emissão foliar semanal e os estádios de desenvolvimento dos sintomas nas folhas II, III e IV, em dez plantas selecionadas em até 50 ha. O método fornece ainda informações adicionais importantes que auxiliam na avaliação da severidade como, a primeira folha com estrias e manchas e o saldo de folhas funcionais. Um aplicativo computacional foi desenvolvido para realizar todos os cálculos necessários para determinar o estado da evolução semanal (EE) e a soma bruta (SB), sendo os resultados apresentados em gráficos, contendo a pontuação obtida (severidade) *versus* a data de leitura semanal (Moraes *et al.*, 2005a).

Era freqüente encontrar-se folhas, a partir da VIII, com sinais de senilidade e também contendo manchas esparsas de *Cordana musae*. (Zimm) Hohnel.

Quanto a colheita - O desenvolvimento inicial das flores da cultivar Nanicão IAC 2001, é mais lento do que da 'Nanicão' comum, assim como o desenvolvimento partenocárpico das bananas, porém no seu final atingem diâmetros muito maiores, chegando até 0,45m. Isto decorre de sua constituição química,

que por sinal é também responsável por uma “vida de prateleira”, cerca de 5 dias mais longa. Entretanto, se as bananas forem colhidas nesse grau de desenvolvimento, é certo que sua casca se romperá dentro da câmara de maturação ou antes mesmo da colheita.

Uma forma prática para se evitar o rompimento da casca e que também corresponde ao melhor ponto de colheita do cacho, é quando as bananas, em geral, começam a se revestir de uma tênue camada de cera, que as tornam quase brilhantes.

As pencas do cacho colhido devem ser transformadas em buquês, com no máximo 6 bananas, antes de serem acomodadas nas caixas, as quais irão para a câmara de maturação. É recomendável também que a temperatura da câmara seja de 16°C ( $\pm 1^\circ$  C) e que as caixas fiquem descansando nelas, por 12 horas, antes de se introduzir o gás maturador (etileno ou álcool). Esse gás deve ser aplicado por 3 vezes, conforme é rotina nas câmaras. A umidade relativa deve ser conservada em torno de 85%. As caixas de ‘Nanicão IAC 2001’ devem permanecer na câmara por mais 12 horas, após a exaustão correspondente a última dose de gás aplicado. Estes cuidados são importantes para dar uma maior longevidade para as bananas e também para evitar o despencamento.

## CONCLUSÕES

O fato dos lotes da cultivar Nanicão IAC 2001 plantados e conduzidos nas condições havidas em Pariquera Açu e Paulínia, apenas apresentarem sintomas da sigatoka negra nos estágios I e II, permitem afirmar-se que esta cultivar é tolerante a essa enfermidade.

O amadurecimento (climatização) da ‘Nanicão IAC 2001’ deve ser processado em temperatura mais baixa e por período mais longo do que os demais cultivares de Nanicão, uma vez que a inversão do seu amido é mais lenta.

## BIBLIOGRAFIA

1. MORAES, Wilson da S., FERRARI, Josiane T., FUKUDA, Eduardo & MENDONÇA, José C. Situação atual da sigatoka negra no Estado de São Paulo, Brasil. *in* Simpósio de Manejo Adequado da Sigatoka Negra na Cultura da Banana. (1:2006 Pariquera açu, SP) Anais ... Pariquera açu, SP. Pólo Regional da APTA do Vale do Ribeira, 2006. P.22-41.
2. MORAES, W. da S.; FUKUDA, E.; MODONESE-GORLA DASILVA, S. H.; MENDONÇA, J. C.; LIMA, J. D. MENDES, C. DA S. Aplicativo para estimativa biológica da sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet). *Fitopatologia Brasileira*: v.30, n.3, p.193. 2005a. (Suplementos).
3. MORAES, W. da S.; MENDONÇA, J. C.; FUKUDA, E.; MENDES, C. DA S.; LIMA, J. D. SANTOS, A. J. dos. Dominância da sigatoka negra em bananeiras do Vale do Ribeira. *Fitopatologia Brasileira*: v.30, n.3, p.193. 2005b. (Suplementos).
4. MOREIRA, RAUL S. Banana - Teoria e prática de cultivo. 2ª ed. São Paulo, SP. Fundação Cargill, CD Rom nº 222, com 140 MB, outubro, 1999.
5. MOREIRA, Raul S., HIROCE, Rúter & SAES, Luiz A. Uma análise de 12 nutrientes em amostras internas e externas de folhas de 50 diferentes cultivares de bananeiras. *In* *Fruits* 41, (11) 669-673,. 1986.
6. MOREIRA, RAUL. S. & SAES, LUIZ. A. ‘NANICÃO IAC 2001’ – a única Cavendish tolerante à sigatoka amarela. *In*: Congresso Brasileiro de Assistência Técnica e Extensão Rural (2:2005 Piracicaba, SP) Anais ... Piracicaba, SP. FEALQ, 2005. p. 174-183.
7. OROZCO, SANOS, M. – Manejo integrado de la sigatoka negra del plátano. SAGAR, INIFAP. CIPAC. Campo Experimental Tecmán. Tecmán, Colima, México. Folleto técnico nº 1. División Agrícola. 95 p. 1998.

## DEVELOPMENT OF A CHEMOTHERAPY PROTOCOL TO SANITISE BANANA GENOTYPES INFECTED BY BANANA MILD MOSAIC VIRUS (BANMMV)

### DEVELOPPEMENT D'UN PROTOCOLE DE CHIMIOTHERAPIE POUR ASSAINIR DES GENOTYPES DE BANANIER INFECTES PAR LA MOSAÏQUE MODEREE (BANMMV)

Jean-Pierre Busogoro<sup>1</sup>; Marie Vandermolen<sup>2</sup>; Laetitia Masquelier<sup>1</sup> & Haïssam Jijakli<sup>1</sup>

#### SUMMARY

Different treatments were performed to evaluate the efficacy of chemotherapy to eradicate the BanMMV in banana genotypes according to 2 application strategies. The first application strategy consisted in treatment of entire plantlets for one month followed by isolation of meristems and plant regeneration while the second strategy was based on direct treatment of isolated meristems which were regenerated in novel plantlets. An eradication rate of 100% was obtained with the ribavirin molecule whatever the concentration and the application strategy used. However, for the other antiviral compounds, the eradication rate was higher when the treatment was directly performed on isolated meristems than on entire plantlets.

**Keywords:** antiviral molecules, plantlets, meristems, regeneration

#### RESUME

Différents traitements ont été appliqués suivant deux stratégies pour évaluer l'efficacité de la chimiothérapie dans l'éradication du BanMMV de génotypes de bananier. La première stratégie d'application consistait en un traitement direct sur plantules entières durant un mois suivi par un prélèvement de méristèmes utilisés pour régénérer de nouvelles plantules entières alors que la seconde stratégie était basée sur un traitement direct de méristèmes isolés servant par la suite à régénérer de nouvelles plantules. Un taux d'éradication de 100% a été observé pour la ribavirine quelle que soit la concentration et la stratégie d'application utilisées. Par contre, pour les autres molécules antivirales, il s'est avéré que le taux d'éradication était le plus élevé en cas de traitement direct de méristèmes isolés que traitement de plantes entières.

#### INTRODUCTION

During recent years, previously unrecognised filamentous virus-like particles have been observed frequently in *Musa* germplasm accessions (Thomas *et al.*, 1999; Gambley and Thomas, 2001). Based on the specific symptomatology exhibited on the cultivar Ducasse (ABB, syn. Pisang Awak), the disease was named Banana Mild Mosaic Virus (BanMMV). However, there is an important variation in symptom expression depending on plant genotype as well as on growing conditions of the infected plants. For example, chlorotic mosaic and streak symptoms may appear on young plants of cv. Ducasse deriving from tissue culture and then disappear as the plants mature (Thomas *et al.*, 1999). The BanMMV was identified as a banana pathogen very widely distributed around the world. In fact, the presence of the virus was noted in different *Musa* growing regions located in Australia, Africa, South and South-East Asia, South America and Caribbean. In these regions, the virus affects a wide range of *Musa* cultivars and genotypes. Until now, the economic importance of this new disease of banana is not yet clearly determined. However, some preliminary observations performed in Latin America seem to indicate that yield of bananas and plantains may be affected by the BanMMV under some conditions. In this uncertain situation of bad knowledge about the economic impact of the virus, measures to prohibit the dissemination of *Musa* BanMMV affected genotypes were adopted by different actors.

To overcome limitations resulting from infection with this virus in *Musa* genus, it could be necessary to regenerate banana virus-free planting materials. Elimination of plant viruses from infected materials is known in different systems. Single tissue culture was shown to be efficient for elimination of different plant viruses like the Sugarcane yellow leaf virus (SCYLV) in sugarcane (Parmessur *et al.*, 2002), the Grapevine leafroll associated virus-3 (GLRaV-3), the Grapevine fanleaf virus (GFLV) in grapevine (Valero *et al.*, 2003) and the Onion yellow dwarf virus (OYDV) in garlic (Shibolet *et al.*, 2001).

<sup>1</sup> Plant Pathology Unit, Gembloux Agricultural University, 2 Passage des Déportés, 5030 Gembloux, Belgium

<sup>2</sup> University of Liège, Faculty of Sciences, Department of Life Sciences, Sart Tilman B-22, Liège 4000, Belgium

However, for some other plant viruses, tissue culture must be combined with additional treatments to produce virus-free planting materials. Technologies like thermotherapy, chemotherapy and cryopreservation can allow increasing the eradication rate of plant viruses. For example, in begonias infected with the Prunus necrotic ringspot virus (PNRSV), the eradication rate was increased following treatment combining chemotherapy and thermotherapy of *in vitro* growing explants (Verma *et al.*, 2004). Cold treatment of *Vitis vinifera* L shoot tips by the cryopreservation process resulted in elimination of the Grapevine virus A (GVA) at a very high eradication rate (Wang *et al.*, 2003).

As the BanMMV infected *Musa* accessions are not sanitised through the simple process *in vitro* multiplication and given the diversity of possible treatments with potential effect on virus elimination, it would be interesting to evaluate the efficacy of different protocols in terms of BanMMV elimination.

This work was undertaken to assess the feasibility of BanMMV eradication by using chemotherapy treatment and to determine the most efficient antiviral molecule.

## MATERIALS AND METHODS

### **Plant materials**

A series of 180 *in vitro* plantlets belonging to 2 cultivars named Pisang awak (ABB) and Pisang seribu (AAB) respectively were used for this work. These plantlets were maintained at *in vitro* level by successive sub-cultures operations on rooting medium.

### **Detection of the BanMMV**

A molecular detection protocol based on an IC-RT-PCR reaction was adapted from the protocols described by Sharman *et al.* (2000). The antibody used for the immunocapture step was kindly provided by Thomas (Queensland Horticulture Institute, Australia) while the primers used for molecular amplification were those published by Gambley *et al.* (1999).

### **Antiviral molecules**

Six molecules with potential antiviral properties were available in the laboratory since the beginning of the work. These molecules were 2-thiouracil, 6-azauracil, ribavirin, DL-DHPA, PMEDAP and PMPA-H<sub>2</sub>O.

### **Chemotherapy treatment**

For the chemotherapy treatment, the candidate antiviral molecules were added to the *in vitro* multiplication medium at 3 concentrations: 10, 20 and 40 mg per liter of medium. This addition was performed after the sterilisation of medium to avoid any destruction of the antiviral properties by heat. For that, antiviral molecules were diluted in sterile distilled water. This solution was further added to the medium by proceeding with a sterile filtration.

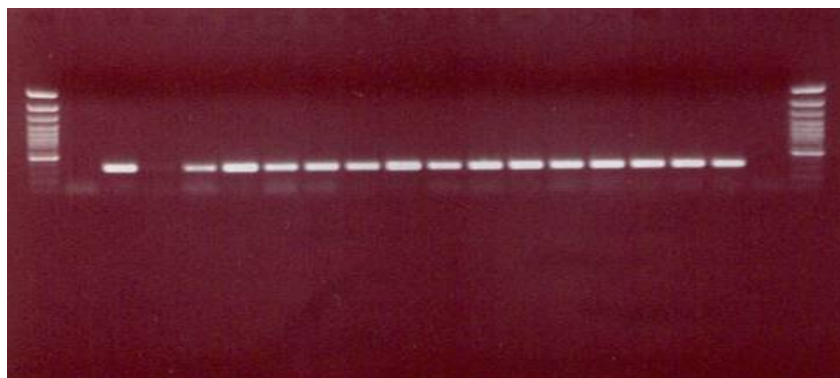
For the plant treatment, 2 strategies of chemotherapy were adopted. The first one consisted in transferring the infected entire plantlets of the medium added with the antiviral compounds. After one month of culture on this medium, meristems were isolated from the treated plantlets and new plantlets were regenerated on medium free of the antiviral compounds. For the second strategy, meristems of the infected plantlets were isolated and grown directly on the *in vitro* culture medium amended with the antiviral compounds. In both cases, the health status of these newly regenerated plantlets was evaluated by performing an IC-RT-PCR reaction.

## RESULTS AND DISCUSSION

### **\* Initial detection of the virus**

Prior to the chemotherapy treatment, all the *in vitro* plantlets were submitted to the detection protocol in order to identify those infected with BanMMV before the therapy treatment. As shown on the following figure, presence of the BanMMV pathogen in banana tissues was revealed by amplification of a DNA fragment of about 350bp.

**Figure 1:** Molecular detection of the BanMMV into banana plantlets before the chemotherapy treatment.



For the chemotherapy treatment, we only selected the plantlets in which the BanMM had been detected.

#### \* **Chemotherapy treatment**

During the incubation of plantlets on the chemotherapy medium, treatments the molecules 6-azauracil and 2-thiouracil resulted in inhibition of *in vitro* development. Both of these 2 antiviral molecules induced total necrosis and death of isolated meristems directly grown on the amended medium whatever the concentration of the antiviral compound.

However, the situation was different when the treatment was performed on entire plantlets because only the 6-azauracil generated a phytotoxicity phenomenon (figure 2). This phytotoxicity related to 6-azauracil and 2-thiouracil was already revealed in other experiments. For example, Verma *et al.*, (2004) observed a strong phytotoxicity of these two molecules on *Begonia semperflorens* plants treated to eradicate the PNRSV disease. Despite the antiviral properties of these 2 molecules, their use for sanitation of banana seems prohibited because of the impossibility to regenerate plantlets from meristems grown in their presence.

**Figure 2:** Inhibition of the development of banana *in vitro* plantlets grown on medium amended with the antiviral molecule 6-azauracil.



On the other side, the successfully regenerated plantlets were analysed by performing the BanMMV detection protocol to evaluate the efficacy of virus eradication (table1).



This analysis allowed determining the eradication rate based on the proportion of plants exhibiting a negative IC-RT-PCR reaction (table 1). There is no data relative to eradication rate for some treatments due to absence of plantlet's regeneration following culture of meristems. This was the case for direct treatments of isolated meristems with the 2 antiviral molecules 6-azauracil and 2-thiouracil. With the treatment of entire plantlets, application of the antiviral molecule 2-thiouracil didn't result in total absence of plantlet regeneration. Treatments with ribavirin seemed to be the most suitable for BanMMV eradication based on the different eradication rates combined with the absence of phytotoxicity related to this molecule. In fact, whatever the strategy adopted for chemotherapy treatment (direct treatment of isolated meristems or culture of entire plantlets on the amended medium), the eradication rate was of 100% whatever the tested concentration.

**Table 1:** Eradication rate of the different chemotherapy treatments as determined according to the results of detection reaction following the regeneration process.

| Antiviral treatment   |             | Eradication rate       |                               |
|-----------------------|-------------|------------------------|-------------------------------|
| Molecule              | Dose (mg/l) | Treatment on meristems | Treatment on entire plantlets |
| 6-azauracil           | 10          |                        |                               |
|                       | 20          |                        |                               |
|                       | 40          |                        |                               |
| 2-thiouracil          | 10          |                        | 33%                           |
|                       | 20          |                        | 0%                            |
|                       | 40          |                        | 0%                            |
| Ribavirin             | 10          | 100%                   | 100%                          |
|                       | 20          | 100%                   | 100%                          |
|                       | 40          | 100%                   | 100%                          |
| (DL)-DHPA             | 10          | 75%                    | 0%                            |
|                       | 20          |                        | 0%                            |
|                       | 40          | 100%                   | 0%                            |
| PMEDAP                | 10          | 33%                    | 0%                            |
|                       | 20          | 75%                    | 0%                            |
|                       | 40          | 75%                    | 0%                            |
| PMPA-H <sub>2</sub> O | 10          | 75%                    | 25%                           |
|                       | 20          | 100%                   | 0%                            |
|                       | 40          | 25%                    | 0%                            |

By considering together the different molecules without visible phytotoxicity [ribavirin, (DL)-DHPA, PMEDAP, PMPA-H<sub>2</sub>O], it appeared that except the ribavirin treatment for which there was no difference between the 2 treatment strategies, all the other molecules gave rise to higher eradication rates through direct treatment on isolated meristems than on entire plantlets.

Efficiency in banana virus elimination by chemotherapy treatment was already described (Helliot *et al.*, 2003) for the banana streak virus (BSV). These authors revealed a possibility to eliminate the BSV pathogen from banana infected tissues by supplementing the used semi-solid Murashige and Skoog medium with different concentrations of antiviral agents which are analogues of the acyclic nucleoside phosphanate.

## CONCLUSION

In this work, detection of the BanMMV was carried out at the level of *in vitro* development stage. In fact, by using the IC-RT-PCR protocol, it was possible to identify the banana plantlets infected with the BanMMV even in the absence of any typical symptom related to this virus at the considered development stage. As for other plant viruses, this early detection system is very useful as it constitutes the main way of controlling virus-induced diseases (Hsu *et al.*, 2000). This possibility allowed assessing the evolution of health status following the chemotherapy treatment. In that way, it

was possible to sanitise banana infected with BanMMV by performing chemotherapy. Among the different antiviral molecules tested in the present work, treatment with ribavirin could be considered as the most suitable for the eradication of BanMMV as it generates the highest eradication rates (100%) without displaying any phytotoxicity phenomenon. Moreover, based on a global consideration of the different antiviral molecules, it was observed that treatment of isolated meristems is more suitable for BanMMV eradication than treatment of entire plantlets.

## BIBLIOGRAPHY

1. Gambley C.F. and Thomas J.E. (2001). Molecular characterisation of Banana mild mosaic virus, a new filamentous virus in *Musa* spp. *Arch Virol*, 146: 1369-1379
2. Helliot B., Panis B., Frison E., De Clercq E., Swennen R., Lepoivre P. and Neyts J. (2003). The acyclic nucleoside phosphonate analogues, adefovir, tenofovir and PMEDAP, efficiently eliminate banana streak virus from banana (*Musa* spp.). *Antiviral Research* 59: 121-126
3. Hsu Y.H., Annamalai P., Lin C.S., Chen Y.Y., Chang W.C. and Lin N.S. (2000). A sensitive method for detecting bamboo mosaic virus (BaMV) and establishment of BaMV-free meristem-tip cultures. *Plant pathology*, 49: 101-107
4. Parmessur Y., Aljanabi S., Saumtally S. and Dookun-Saumtally A. (2002). Sugarcane yellow leaf virus and sugarcane yellows phytoplasma: elimination by tissue culture. *Plant Pathology*, 51: 561-566
5. Sharman M., Thomas J.E. and Dietzegen R.G. (2000). Development of a multiplex immunocapture PCR with colourimetric detection for viruses of banana. *Journal of Virological Methods*, 89: 75-88
6. Shibolet Y.M., Gal-On A., Koch M., Rabinowitch H.D. and Salomon R. (2001). Molecular characterization of Onion yellow dwarf virus (OYDV) infecting garlic (*Allium sativum* L.) in Israel: Thermotherapy inhibits virus elimination by meristem tip culture. *Ann. Appl. Biol.*, 138: 187-195
7. Thomas J.E., Lockhart B.E.L., Iskra-Caruana M.L. (1999). Banana mild mosaic. In: Jones D.R. (ed) *Diseases of Banana, Abacá and Enset*. CABI, Wallingford, pp 275-278
8. Valero M., Ibañez A. and Morte A. (2003). Effects of high vineyard temperatures on the grapevine leafroll associated virus elimination from *Vitis vinifera* L. cv. Napoleon tissue cultures. *Scientia Horticulturae*, 97: 289-296
9. Verma N., Ram R., Zaidi A.A. (2004). *In vitro* production of Prunus necrotic ringspot virus-free begonias through chemo- and thermotherapy. *Scientia Horticulturae*, 103: 239-247
10. Wang Q., Mawassi M., Li P., Gafny R., Sela I. and Tanne E. (2003). Elimination of grapevine virus A (GVA) by cryopreservation of in vitro-grown shoot tips of *Vitis vinifera* L. *Plant Science*, 165: 321-327

## DIVERSIDADE GENÉTICA DO *Banana streak virus* NO BRASIL

### GENETIC DIVERSITY OF *Banana streak virus* IN BRAZIL

Daniel Vazquez Figueiredo<sup>1</sup>; Jadier de Oliveira Cunha-Junior<sup>1\*\*</sup>; Maria do Socorro da Rocha Nogueira<sup>1\*</sup>; Helena Guglielmi Montano<sup>1</sup> & Paulo Sergio Torres Briosso<sup>1\*</sup>

#### RESUMO

O *Banana streak virus* (BSV) é um membro do gênero *Badnavirus* e causa severos problemas à bananicultura, reduzindo a produção e restringindo o movimento de germoplasma melhorado. Trabalhos realizados na Austrália, Uganda e Ilhas Maurício relatam a ocorrência de grande variabilidade genética entre os diferentes isolados do BSV. Seqüências do gene da transcriptase reversa e da RNase H dos isolados brasileiros BSVBR-1, BSVBR-2, BSVBR-3 e BSVBZ foram alinhadas e, através da análise filogenética, revelaram a presença do *Banana streak Uganda B virus* (BSUgBV) e de três possíveis novas espécies de *Badnavirus*, denominadas Banana streak Brazil 1 virus (BSBr1V), Banana streak Brazil 2 virus (BSBr2V) e Banana streak Brazil 3 virus (BSBr3V), no Brasil.

**Palavras Chave:** *Badnavirus*, vírus, bananeira, seqüenciamento, PCR.

#### SUMMARY

*Banana streak virus* (BSV), a member of the genus *Badnavirus*, causes severe problems in banana cultivation, reducing fruit yield, restricting plant breeding and the movement of germplasm. Some works realized in Australia, Uganda and Mauritius Isles showed wide genetic diversity among BSV isolates. Reverse transcriptase and RNase H genes sequences of BSVBR-1, BSVBR-2, BSVBR-3 and BSVBZ Brazilian isolates were aligned and the phylogenetic analysis demonstrated the presence of *Banana streak Uganda B virus* (BSUgBV) and putative three new *Badnavirus* species named Banana streak Brazil 1 virus (BSBr1V), Banana streak Brazil 2 virus (BSBr2V) and Banana streak Brazil 3 virus (BSBr3V) in Brazil.

**Keywords:** : *Badnavirus*, virus, banana plant, DNA sequencing, PCR.

#### INTRODUÇÃO

O *Banana streak virus* (BSV) é o agente causal da doença das estrias da bananeira, apresenta distribuição cosmopolita e está largamente distribuído entre as diversas cultivares de banana e plátano (Diekmann & Putter, 1996; Dahal *et al.*, 1998). Os sintomas característicos da doença na bananeira são estrias cloróticas e necróticas nas folhas, nanismo, distorção dos frutos e diminuição progressiva dos cachos (Briosso *et al.*, 2000; Geering *et al.*, 2000).

Sob condições de casa de vegetação, o BSV pode ser transmitido pela cochonilha dos citrúscitos *Planococcus citri* (Jones & Lockhart, 1993), enquanto que a cochonilha da cana-de-açúcar *Saccharicoccus sacchari* pode transmitir o *Badnavirus Sugarcane bacilliform virus* para bananeiras (Jones & Lockhart, 1993).

O BSV pertence à família *Caulimoviridae*, gênero *Badnavirus* e apresenta partículas baciliformes (30 X 150 nm), genoma constituído de dsDNA circular com 7,4 kpb (Harper & Hull, 1998). Todos os *Badnavirus* apresentam três "open read frames" (ORFs) (Van Regenmortel *et al.*, 2000). Um único gene promotor, análogo ao promotor 35S do *Cauliflower mosaic virus* está presente na região intergênica situada entre a ORF III e o início da ORF I (Van Regenmortel *et al.*, 2000). Um grande RNA policistrônico é transcrito do DNA genômico (Fütterer *et al.*, 1997). As funções das ORFs I e II são pouco conhecidas, a ORF III codifica uma poliproteína contendo proteína de movimento, proteína do capsídeo, protease aspártica, transcriptase reversa (RT) e ribonuclease H (RNase H) (Harper & Hull, 1998).

<sup>1</sup> Laboratório Oficial de Diagnóstico Fitossanitário / DEF / IB / UFRRJ, Caixa Postal 74585, CEP 23851-970, Seropédica, RJ, e-mail: briosso@bighost.com.br.

\*Bolsista do CNPq,

\*\*Bolsista da FAPERJ

O BSV é considerado um pararetrovírus e, de maneira semelhante aos retrovírus, sua replicação envolve um ssRNA intermediário que é convertido em dsDNA por ação da transcriptase reversa (Van Regenmortel *et al.*, 2000; Harper *et al.*, 2005). Contudo, diferente dos retrovírus, o BSV não codifica uma proteína integrase. Assim, eventos de integração no genoma do hospedeiro não fazem parte do ciclo de replicação viral, que é denominado “epissomal” (Harper *et al.*, 2005). Mas, provavelmente, em virtude da natureza perene e do modo de propagação vegetativa de *Musa*, o estreito contato do BSV com o genoma da planta por longo período de tempo possibilitou a integração de uma forma ativa do vírus no genoma hospedeiro, por uma via não convencional, diferente dos retrovírus (Harper *et al.*, 1999). Ndowora *et al.* (1999) identificaram a cultura de tecidos como o possível “detonador” da infecção epissomal do BSV. Este fato representa um problema em programas de melhoramento e, especialmente, com relação ao movimento de germoplasma e quarentena (Harper *et al.*, 1999).

A grande dificuldade em se desenvolver estratégias de controle do BSV está na ausência de informação sobre vetores ou modos de transmissão e relações entre estirpes virais, virulência, transmissão e distribuição da doença (Harper *et al.*, 2005).

O objetivo deste trabalho é investigar a variabilidade genética existente entre os diferentes isolados do BSV, a fim de gerar informações básicas para futuras pesquisas sobre a epidemiologia da doença das estrias da bananeira no Brasil.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Isolados Virais

Amostras de DNA total de bananeira infectadas com os isolados BSVBR-1, BSVBR-2, BSVBR-3 (Figueiredo *et al.*, 2006) e BSV-PZ e amostras de DNA de outros *Badnavirus* (Tabela 1) foram utilizadas nos testes moleculares.

Tabela 1. Amostras de DNA total de isolados de BSV infectando bananeira e de outros *Badnavirus*.

| Isolado | Estado    | Cultivar      | Grupo genômico |
|---------|-----------|---------------|----------------|
| BSVBR-1 | Bahia     | Caipira       | AAA            |
| BSVBR-2 | Ceará     | Pacovan Apodi | AAAB           |
| BSV-PZ  | Amazonas  | Prata Zulu    | ABB            |
| BSVBR-3 | Ceará     | FHIA-21       | AAAB           |
| PYMV*   | Pará      | -             | -              |
| VP**    | São Paulo | -             | -              |

\* *Piper yellow mottle virus*; \*\* *Badnavirus* de espécie ainda não identificada, purificado a partir de amostras foliares de *Bougainvillea*.

### Polymerase Chain Reaction (PCR)

A um tubo de polipropileno de 0,2 ml foram adicionados 5 µl de tampão 10X PCR da enzima *Taq* polimerase (Amersham), 1 µl da mistura de dNTP (2,5 mM cada), 50 pmoles dos oligonucleotídeos BADNA 1A (5'-CTNTAYGARTGGYTGTNATGCCNTTY GG) e BADNA 4 (5'-TCCAYTTTRCANAYNSCNCCCCANCC), 1,0 U da enzima *Taq* polimerase (Amersham), 2 µl de DNA total e água destilada estéril, para 50 µl de volume final. O tubo foi colocado no termociclador programável PTC-200 (MJ RESEARCH), e submetido a uma etapa inicial de 94 °C / 2 min. seguida de 30 ciclos de 94 °C / 15 seg., 52 °C / 30 seg., 72 °C / 1 min. e uma etapa final de extensão de 72 °C / 5 min.

Os produtos amplificados foram aplicados em gel de agarose a 1% contendo brometo de etídio, submetidos à eletroforese e visualizados em transiluminador de luz ultra-violeta.

### Seqüenciamento e Análise Filogenética

O kit de seqüenciamento ET-Terminator (Amersham), compatível para a plataforma MEGA BACE 1000, foi utilizado para a obtenção das seqüências, segundo o protocolo fornecido pelo fabricante. O alinhamento das seqüências e a construção das árvores filogenéticas (método *neighbor-joining*) foram obtidos utilizando-se os programas DS Genes 1.5 (Accelrys) e Clustal W (<http://www.ebi.ac.uk/clustalw>).

As seguintes seqüências foram acessadas para serem usadas em comparação com os isolados brasileiros: BSV Onne, AJ002234 (Harper & Hull, 1998); BSV-GF, AF215814; BSV-Cav,

AF215815 e BSV-Mys, AF214005 (Geering *et al.*, 2000); BSUgMV, AJ968543; BSUgBV, AJ968463 e BSimV, DQ115590 (Harper *et al.*, 2005); *Citrus mosaic virus* (CMBV), AF347695 (Huang & Hartung, 2001); *Cacao swollen shoot virus* (CSSV), L14546 (Hagen *et al.*, 1993); *Commelina yellow mottle virus* (ComYMV), X52938 (Medberry *et al.*, 1990); *Rice tungro bacilliform virus* (RTBV), D10774 (Hay *et al.*, 1991); *Sugarcane bacilliform virus* (SCBV), M89923 (Bouhida *et al.*, 1993)

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Figueiredo *et al.* (2006) demonstraram através de PCR a ocorrência de quatro isolados do BSV no Brasil, que apresentavam seqüências com perfis eletroforéticos distintos, então classificados como BSVBR-1, BVBR-2, BSVBR-3 e BSVBR-4.

No presente trabalho utilizaram-se os “primers” BADNA 1A e BADNA 4 para amplificar seqüências genômicas dos genes da transcriptase reversa (RT) e RNase H (RH) dos diferentes isolados do BSV (Figueiredo *et al.*, 2006) e outros dois badnavírus, o *Piper yellow mottle virus* (PYMV) e o *Badnavirus* extraído de *Bougainvillea*, denominado VP.

Os produtos amplificados em todas as amostras analisadas apresentaram fragmentos com cerca de 597 pb (Figura 1), o que representa aproximadamente 10% da região mais conservada do genoma dos *Badnavirus* (Harper *et al.*, 2004). É consenso que diferenças maiores do que 20% na seqüência da RT dos *Badnavirus* indicam diferentes espécies de vírus, conforme recomendação do *International Committee on Taxonomy of Viruses* (ICTV) (Harper *et al.*, 2004; Harper *et al.*, 2005).

A variação dos diferentes isolados dos badnavírus foi analisada por seqüenciamento. Verificou-se que as seqüências de aminoácidos, obtidas por tradução, continham domínios característicos da transcriptase reversa e RNase H. A região do genoma dos *Badnavirus* contendo domínios RT/RH é considerada a mais conservada e portanto, relações de homologia de seqüências nesta região acima de 65 %, 80 % e 94 % refletem parentesco ao nível de clados, espécies e estirpes, respectivamente (Van Regenmortel *et al.*, 2000; Harper *et al.*, 2004; Harper *et al.*, 2005).

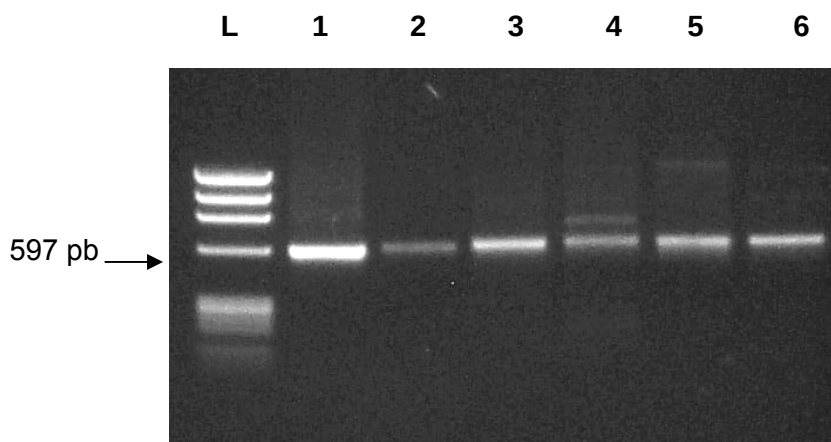


Figura 1. Eletroforese em gel de agarose a 1 % de seqüências dos genes da transcriptase reversa e RNase H de diferentes isolados do BSV, do *Piper yellow mottle virus* (PYMV) e do VP amplificadas com os *primers* BADNA 1A e BADNA 4. Linha 1: BSV-PZ, linha 2: BSVBR-1, linha 3: BSVBR-2, linha 4: BSVBR-3, linha 5: VP, linha 6: PYMV, L:  $\phi$ X174 DNA Ladder.

A partir do alinhamento das seqüências do BSV determinadas neste estudo com as seqüências de nucleotídeos de outros *Badnavirus* provenientes de banco de dados, criou-se um filograma (Figura 2), que possibilitou uma visão geral das relações filogenéticas partilhadas entre os membros do gênero *Badnavirus*. O alinhamento das seqüências nucleotídicas dos isolados brasileiros do BSV com seqüências do BSV disponíveis no GenBank (NCBI – National Center for Biotechnology Information), gerou o filograma apresentado na Figura 3. Observando a topologia deste filograma, verificou-se que os isolados BSVBR-2 e BSVBR-3 são mais próximos, com 76 % de homologia (Tabela 2). O isolado BSVBR-1 parece ser mais estreitamente relacionado com BSVBR-2 (75%) e BSVBR3 (73%) do que com BSV-PZ (61%) (Tabela 2).

Assim, com base nestes dados, podemos sugerir que os isolados virais que geraram os perfis eletroforéticos BSVBR-1, BSVBR-2, BSVBR-3 e BSV-PZ representam diferentes espécies, que



podem ser agrupadas juntamente com o *Banana streak Uganda B virus* (BSUgBV) no Clado II, conforme a representação cladística, proposta por Harper *et al.* (2005).

O isolado BSVBR-1 apresenta considerável proximidade com BSUgBV, demonstrado através do alinhamento das duas seqüências, com 81% de identidade (Tabela 2). Este dado sugere que trata-se, possivelmente, de duas estirpes pertencentes à mesma espécie viral. As espécies BSV-GF, BSV-Cav oriundas da Austrália e BSIMV oriunda das Ilhas Maurício, apresentam baixo grau de parentesco com os isolados brasileiros (Tabela 2) e são agrupadas no Clado I (Harper *et al.*, 2005).

Como esperado, encontrou-se alto grau de variação entre as diferentes seqüências obtidas dos isolados brasileiros do BSV. Harper *et al.* (2005) recomendam e adotam, para os *Badnavirus*, a convenção proposta por Fauquet & Stanley (2003) para nomenclatura de novas espécies de *Geminiviridae*. Segundo as normas da referida nomenclatura, as diferentes espécies do BSV encontradas na Uganda foram denominadas *Banana streak Uganda X virus* (BSUgXV) onde X representa as diferentes espécies identificadas pelo autor.

No presente trabalho foi verificada a presença de quatro diferentes espécies do *Badnavirus*. O isolado BSVBR-1 pertence à espécie BSUgBV, enquanto os isolados BSVBR-2, BSVBR-3 e BSVBZ representam três novas espécies, agora denominadas Banana streak Brazil 1 virus (BSBr1V), Banana streak Brazil 2 virus (BSBr2V) e Banana streak Brazil 3 virus (BSBr3V), respectivamente.

A grande variação existente entre os isolados do BSV, dentro de áreas relativamente pequenas, é uma questão complexa e envolve mecanismos moleculares e implicações epidemiológicas. A variabilidade genética existente nos vírus em geral está limitada a regiões espaçadoras. Isto é explicado devido a necessidade das partículas virais replicarem-se eficientemente e movimentarem-se célula a célula e para diferentes hospedeiros (Harper *et al.*, 2005). Mutações deletérias nas replicases, proteínas de movimento ou do capsídeo viral são selecionadas negativamente, mas este não é o caso dos vírus que infectam hospedeiros que são propagados vegetativamente, tal como a bananeira, pois os mutantes podem ser complementados por vírus competentes (Harper *et al.*, 2005). A causa real da grande variação existente entre os *Badnavirus* ainda não é bem compreendida, mas como ocorre em retrotransposons e retrovírus, muitas mutações podem ocorrer durante a etapa de transcrição reversa. Ademais, eventos de recombinação entre diferentes seqüências virais podem ocorrer e garantir a viabilidade dos mutantes (Gal *et al.*, 1992). A propagação da bananeira é essencialmente vegetativa e a principal via de dispersão de vírus é, sem dúvida, por meio da movimentação de material propagativo. Os possíveis vetores do BSV são pouco eficientes e só poderiam contribuir para a variação do vírus a longo prazo (Harper *et al.*, 2005).

## CONCLUSÕES

A análise da variabilidade genética existente entre os diferentes isolados do *Banana streak virus* revelou a existência de, pelo menos, quatro diferentes espécies do *Badnavirus* no Brasil.

O isolado BSVBR-1 pertence à espécie *Banana streak Uganda B virus* (BSUgBV), identificada inicialmente na Uganda.

Os isolados BSVBR-2, BSVBR-3 e BSVBZ, representam três novas espécies, nomeadas como Banana streak Brazil 1 virus (BSBr1V), Banana streak Brazil 2 virus (BSBr2V) e Banana streak Brazil 3 virus (BSBr3V), respectivamente.

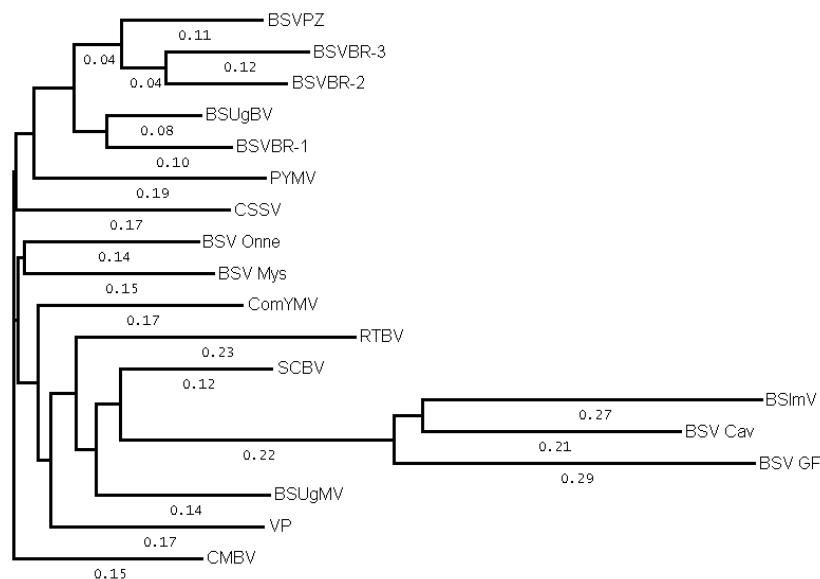


**Figura 2.** Análise filogenética (método *neighbour-joining*) de seqüências dos genes da transcriptase reversa e RNase H de diferentes *Badnavirus* e dos isolados brasileiros do BSV.

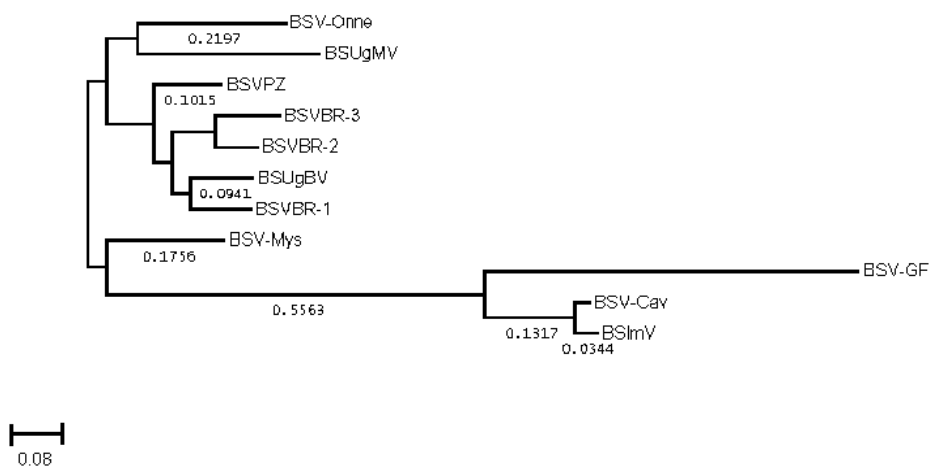


**Figura 3.** Análise filogenética (método *neighbour-joining*) de seqüências dos genes da transcriptase reversa e RNase H de diferentes espécies do BSV e dos isolados brasileiros do vírus.

Tabela 2. Comparação do percentual de homologia da sequência dos genes da transcriptase reversa e da RNase H dos isolados brasileiros do BSV com diferentes espécies de *Badnavirus*<sup>1</sup>.

|                 | BSVB<br>R-1 | BSUg<br>BV | BSVB<br>R-2 | BSVB<br>R-3 | BSVP<br>Z | BSV-<br>Onne | BSV-<br>Mys | BSUg<br>MV | BSIm<br>V | BSV-<br>Cav |
|-----------------|-------------|------------|-------------|-------------|-----------|--------------|-------------|------------|-----------|-------------|
| <b>BSUgBV</b>   | 81          |            |             |             |           |              |             |            |           |             |
| <b>BSVBR-2</b>  | 75          | 71         |             |             |           |              |             |            |           |             |
| <b>BSVBR-3</b>  | 73          | 65         | 76          |             |           |              |             |            |           |             |
| <b>BSVPZ</b>    | 61          | 56         | 71          | 69          |           |              |             |            |           |             |
| <b>BSV-Onne</b> | 65          | 67         | 62          | 55          | 65        |              |             |            |           |             |
| <b>BSV-Mys</b>  | 61          | 65         | 58          | 45          | 53        | 70           |             |            |           |             |
| <b>BSUgMV</b>   | 65          | 65         | 58          | 31          | 48        | 64           | 63          |            |           |             |
| <b>BSImV</b>    | 7           | 4          | 7           | 4           | 5         | 4            | 4           | 6          |           |             |
| <b>BSV-Cav</b>  | 8           | 6          | 3           | 4           | 5         | 3            | 6           | 7          | 51        |             |
| <b>BSV-GF</b>   | 5           | 3          | 5           | 3           | 4         | 4            | 3           | 4          | 11        | 28          |

<sup>1</sup>Valores abaixo de 80 % representam espécies diferentes (segundo Harper *et al.*, 2005)

## BIBLIOGRAFIA

- BOHIUDA, M., LOCKHART, B.E.L., OLSZEWSKI, N.E. An analysis of the complete sequence of a *Sugarcane bacilliform virus* genome infection to banana and rice. *Journal of General Virology*, 74:15-22. 1993.
- BRIOSO, P.S.T., CORDEIRO, Z.J.M., REZENDE, J.A.M., KITAJIMA, E.W., PIMENTEL J.P., FIGUEIREDO, A.R. Infecção mista em bananeiras pelos vírus do mosaico do pepino ("*Cucumber mosaic virus*" – CMV) e da risca da bananeira ("*Banana streak virus*" – BSV) no Brasil. *Summa Phytopathologica*, 26:257-259. 2000.
- DAHAL, G., PASBERG-GAUHL, C., GAUHL, F., THOTTAPPILLY, G.; D'A HUGHES, J. Studies on a Nigerian isolate of *Banana streak badnavirus*: II. Effect of intraplant variation on virus accumulation and reliability of diagnosis by ELISA. *Annals of Applied Biology*, 132:263-275. 1998.
- DIEKMANN, M. & PUTTER, C.A. FAO/IPGRI Technical Guidelines for the Safe Movement of Germplasm. No. 15. second edition, Roma. 1996.
- FAUQUET, C.M., STANLEY, J. *Geminivirus* classification and nomenclature: progress and problems. *Annals of Applied Biology*, 142:165-189. 2003.
- FIGUEIREDO, D.V., MEISSNER FILHO, P.E., SILVA-NETO, S.P. & BRIOSO, P.S.T. Detecção e análise da variabilidade de sequências do *Banana streak virus* (BSV) em bananeiras no Brasil. *Summa Phytopathologica*, 32: 118-123. 2006.
- FÜTTERER, J., ROTHNIE, H.M., HOHN, T. & POTRYKUSL. *Rice tungro bacilliform virus* open read frame II and III are translated from polycistronic pre genomic RNA by leaky scanning. *Journal of Virology*, 71:7984-7989. 1997.
- GAL, S., PISAN, B. HOHN, T. GRIMSLEY N. & HOHN, B. Agroinfection of transgenics plants lead to viable *Cauliflower mosaic virus* by intermolecular recombination. *Virology*, 187:525-533. 1992
- GEERING, A.D.W., MCMICHAEL, L.A., DIETZGEN, R.G. & THOMAS, J.E. Genetic diversity among *Banana streak virus* isolates from Australia. *Phytopathology*, 90:921-927. 2000.
- HAGEN, L.S., JAQUEMOND, M., LEPINGLE, A., LOT, H. & TEPFER, M. Nucleotide sequence and genomic organization of *Cacao swollen shoot virus*. *Virology*, 196:619-628. 1993.
- HARPER, G. & HULL, R. Cloning and sequence analysis of *Banana streak virus* DNA. *Virus Genes*, 17:271-278. 1998.
- HARPER, G., HART, D., MOULT, S. & HULL, R. *Banana streak virus* is very diverse in Uganda. *Virus Research*, 100:51-56. 2004.
- HARPER, G., HART, D., MOULT, S., HULL, R., GEERING, A. & THOMAS, J. The diversity of *Banana streak virus* isolates in Uganda. *Archives of Virology*, 150:2407-2420. 2005.
- HARPER, G., OSUJI, J.O., HESLOP-HARRINSON, P., HULL, R. Integration of *Banana streak badnavirus* into the *Musa* genome: molecular and cytogenetic evidence. *Virology*, 255:207-213. 1999.
- HAY, J. M., JONES, M. C., BLAKEBROUGH, M. L., DASGUPTA, L., DAVIES, J. W. & HULL, R. An analyses of the sequence of an infectious clone of *Rice tungro bacilliform virus*, a plant pararetrovirus. *Nucleic Acids Research*, 19:2615-2621. 1991.
- HUANG, Q. & HARTUNG, J.S. Cloning and sequence analysis of an infectious clone of *Citrus yellow mosaic virus* that can infect sweet orange via *Agrobacterium*-mediated inoculation. *Journal of General Virology*, 82:2549-2558. 2001.
- JONES, D.R. & LOCKHART, B.E.L. Banana streak disease. *Musa* Fact Sheet No 1. International Network for Improvement of Banana and Plantain. Montpellier, France. 1993.
- MEDBERRY, S. L., LOCKHART, B. E. L. & OLSZEWSKI, N. E. Properties of *Commelina yellow mottle virus*'s complete DNA sequence, genomic discontinuities and transcript suggest that it is a pararetrovirus. *Nucleic Acids Research*, 18:5505-5513. 1990.

- 
19. NDOWORA, T., DAHAL, G., LAFLEUR, D., HARPER, G., HULL, R., OLSZEWSKI, N.E. & LOCKHART, B. Evidence that *Badnavirus* infection in *Musa* can originate from integrated pararetroviral sequences. *Virology*, 255:214-220. 1999.
  20. VAN REGENMORTEL, M.H.V., FAUQUET, C.M., BISHOP, D.H.L., CARSTENS, E.B., ESTES, M.K., LEMON, S.M., MANILOFF, J., MAYO, M.A., MCGEOCH D.J., PRINGLE, C.R. & WICKNER, R.B. Virus taxonomy: classification and nomenclature of viruses: Seventh Report of the International Committee on Taxonomy of Viruses. San Diego: Academic Press, p.1167, 2000.

## EPIDEMIOLOGICAL STUDIES OF BANANA STREAK VIRUS ISOLATES: STUDIES ON THE VARIABILITY OF BANANA STREAK VIRUS IN KENYA

### ESTUDIOS EPIDEMIOLÓGICOS DE LOS AISLANTES DEL VIRUS DE LA RAYA DEL PLÁTANO: ESTUDIOS EN LA VARIABILIDAD DEL VIRUS DE LA RAYA DEL PLÁTANO EN KENIA

Laura Karanja<sup>1</sup>; Anne Wangai<sup>2</sup>; Glyn Harper<sup>3</sup>; John Stanley<sup>3</sup> & Ram Pathak<sup>4</sup>.

#### SUMMARY

Banana streak virus (BSV) is one of the recent constraints of banana production in Kenya. A diversity study of the BSV isolates was done with the aim of developing a diagnostic protocol for routine screening of tissue cultured material. Infected banana plants sampled from major banana growing regions were characterised for BSV variation using serological and molecular techniques. Virus particles were detected by immunosorbent electron microscopy (ISEM) confirming purification and presence of BSV. Through molecular techniques immune-capture polymerase chain reaction (IC-PCR), BSV was confirmed in twenty two of the thirty eight tested samples using degenerate primer set on extracted viral DNA and immune-captured viral particles. The extracted virus was concentrated in sap through polyethylene glycol (PEG) precipitation followed by IC-PCR. Virus found in the samples was compared to Nigerian isolate Obino I' Ewai (BSOEV) and on the basis of observed amplicon size; most strains were similar in size except for the intensity. Through sequencing, variation of the isolates was confirmed. The experiments confirmed presence of BSV in Kenya and its diversity. The procedure was used to optimise a diagnostic protocol that will be used for routine screening of tissue culture banana seedlings.

**Keywords:** BSV, Banana streak virus, badnavirus, IC-PCR, diagnostics

#### RESUMEN

El virus de la raya del plátano (BSV) es uno de los apremios recientes de la producción del plátano en Kenia. Un estudio de la diversidad de los aislantes de BSV fue hecho con la puntería de desarrollar un protocolo de diagnóstico para la investigación rutinaria del material cultivado tejido fino. Las plantas infectadas del plátano muestreadas de regiones cada vez mayor del plátano importante fueron caracterizadas para la variación de BSV usando técnicas serológicas y moleculares. Las partículas del virus fueron detectadas por la purificación de la microscopia electrónica del inmunosorbent (ISEM) y la presencia que confirmaban de BSV. Con técnicas moleculares inmune-capturar la reacción en cadena de la polimerasa (IC-PCR), BSV fue confirmado en veintidós de las treinta ocho muestras probadas usando el sistema degenerado de la cartilla en la DNA viral extraída y las partículas virales inmune-capturadas. El virus extraído fue concentrado en savia a través de la precipitación del glicol de polietileno (CLAVIJA) seguida por IC-PCR. El virus encontró en las muestras fue comparado al aislante nigeriano Obino I' Ewai (ol del bsv) y en base de tamaño observado del amplicon, la mayoría de las tensiones eran similares de tamaño a excepción de la intensidad. Con ordenar, la variación de los aislantes fue confirmada. Los experimentos confirmaron la presencia de BSV en Kenia y su diversidad. El procedimiento fue utilizado para optimizar un protocolo de diagnóstico que será utilizado para la investigación rutinaria de las plantas de semillero del plátano de la cultura del tejido fino.

**Palabras Clave:** Virus de la raya del plátano, badnavirus, IC-PCR, diagnóstico

<sup>1</sup> Investigator Kenya Agricultural Research Institute, Njoro, P. O. Njoro, Kenya. Email- laurashali@yahoo.com

<sup>2</sup> Kenya Agricultural Research Institute, Biotechnology Program, P. O. Box 14733, NARL, Nairobi. Email- wangai@africaonline.co.ke

<sup>3</sup> Department of Disease and Stress Biology, John Innes Centre, Norwich Research, Park, Colney, Norwich NR4 7UH, UK. Email- glyn.harper@john.stanley@bbsrc.ac.uk

<sup>4</sup> Egerton University Department of Crop, Horticulture and Soil Science, P. O. Box 536 Njoro, Kenya Email- rs.pathak@yahoo.com



## INTRODUCTION

Banana and plantain (*Musa spp.*) is a major staple food and source of income for over 20 million people in Eastern Africa. Currently there are a total of 80,000 Ha under banana and 75,000 Ha under plantain in Kenya (FAO 2004). The annual production is approximately 210,000 metric tonnes for banana and 830,000 tons for plantain (FAO 2004). However yield losses due to biotic and abiotic stresses reduce the potential of the crop to contribute to the food security of the rural households (Qaim, 1999). The crop is susceptible to numerous pests and pathogens including banana streak virus. Banana streak virus (BSV; genus *Badnavirus*) is the causal agent of banana streak disease (BSD) (Lockhart, 1986) which is a major constraint for genetic improvement of banana crop and germplasm dissemination worldwide. BSV first reported in Cote d'Ivoire on *Musa spp.* (Yot-Dauthy & Bové, 1966; Lassoudière, 1974) is now found in all countries where bananas are grown (Lockhart and Jones, 2000). BSV belongs to the family *Caulimoviridae*, genus *Badnavirus* and has a DNA (dsDNA) genome of 7.4 kbp (Harper and Hull, 1998). It is serologically and genomically very variable (Lockhart and Olszewski, 1993). The viral sequences are capable of causing episomal infection under stress conditions such as environmental, normal breeding process or *in vitro* propagation (Harper *et al.*, 1999; Ndowora, *et al* 1999).

Recent studies in Kenya have shown that BSV is prevalent in all the banana growing regions and affects all the popular cultivars grown by farmers (Wangai *et al* 2002). The work presented here was designed to determine which isolates are found in Kenya. Therefore the major objectives were: 1) to identify the variability of banana streak virus (BSV) isolates in Kenya and 2) to develop a robust diagnostic protocol which can be used routinely and efficiently to screen large numbers of banana plants propagated by tissue culture. The paper discusses the various isolates which were identified, and an effective diagnostic protocol for better management of banana streak disease in future.

## MATERIAL AND METHODS.

The study was carried out in John Innes Centre, United Kingdom, Laboratory and KARI, Njoro in Kenya. Thirty eight leaf samples with BSV-like symptoms were collected from various parts of Kenya and freeze dried. The seven localities of the samples included Mt Elgon (A), Bungoma (B), Kakamega (C), Kisii (D), Njoro (E), Embu (F), and JKUAT (I) (Figure 2). Mini-preps of virus and sap extract were prepared from both fresh-frozen and freeze-dried material using the procedure by Harper *et al.* (2002) with some modification. The leaf was ground in 1x phosphate buffered saline (PBS) + 0.1% 2-mercaptoethanol extraction buffer (1:4 wt/vol ratio). The sap extract was concentrated by precipitation with 4% polyethylene glycol (PEG, MW 6000), in 0.1 M NaCl. The sample mixture was stirred for 2 h, at Room Temperature (RT) then the virus was sedimented in a microfuge for 20 min at 16,000 g. Final re-suspension was in 1/10<sup>th</sup> of the original extraction buffer volume. Ten purified virus samples were examined by electron microscopy (Ahlawat *et al.* 1996), using a JEOL JEM 1200EX electron microscope at 15,000x magnification. Particle counts were conducted on 10 fields for each of the samples. The IC-PCR method used was a slight modification of Harper *et al.* (2002). Thin walled polypropylene microfuge tubes were coated with polyclonal antibodies at a dilution of 1:100 in carbonate buffer and incubated for 2 h at 37°C temperature. The PCR tubes were washed three times with PBS/0.05% Tween-20 and 100 µl sample in PBS/0.1% 2-mercaptoethanol was placed in each tube. This was incubated at 37°C for 2h. The tubes were again washed twice with PBS/0.05% Tween-20, once with sterile distilled water and then dried briefly. The antiserum used in this study was kindly donated by Dr. B. E. L. Lockhart of Department of Plant Pathology, University of Minnesota U.S.A. It was a mixture of different BSV and SCBV isolates. PCR program used was as per supplier's basic PCR protocol (Invitrogen).

PCR products obtained from seven samples, Likhaho, Lisulya1, Lisulya2, Khabusi, Sialamule, Nshule, and Gold-Finger, were purified using QIAquick PCR purification kit protocol (Invitrogen). The products were cloned into the vector pCRII-TOPO (Invitrogen) and used to transform competent *E. coli*. Clones containing inserts of the expected size were identified by restriction analysis. Selected clone inserts were analysed using the Big Dye 3.1 sequencing protocol (Applied Biosystems) and automated sequencing (Lark Technologies UK). Sequences were compared to each other and to other BSV and *badnavirus*.

## RESULTS AND DISCUSSION.

All collected samples had visible BSV-like symptoms. The streaks varied from being fine, long and narrow to short and broad similar to those described by Harper *et al* (2002). East African Highland AAA (EAHAAA) genotype made up 53% of the sampled *Musa* genotypes. Symptoms observed ranged from mild to severe with chlorotic and necrotic streaking on the leaves. Out of the seven sites from which samples were analysed (Figure 3) 70% of the sites confirmed BSV positive through genome based techniques. The mostly affected area was Mount Elgon (A) with 100% infected cultivars Bungoma (B) 80% Kisii (D) 30%, Njoro (E) 70% and JKUAT (I) 25 %. BSV was detected in all the tested genotypes but with varying intensity. However there was no relationship between the genotype and the disease. The severity of the disease was locality based with more in the Western region than Central and Eastern.

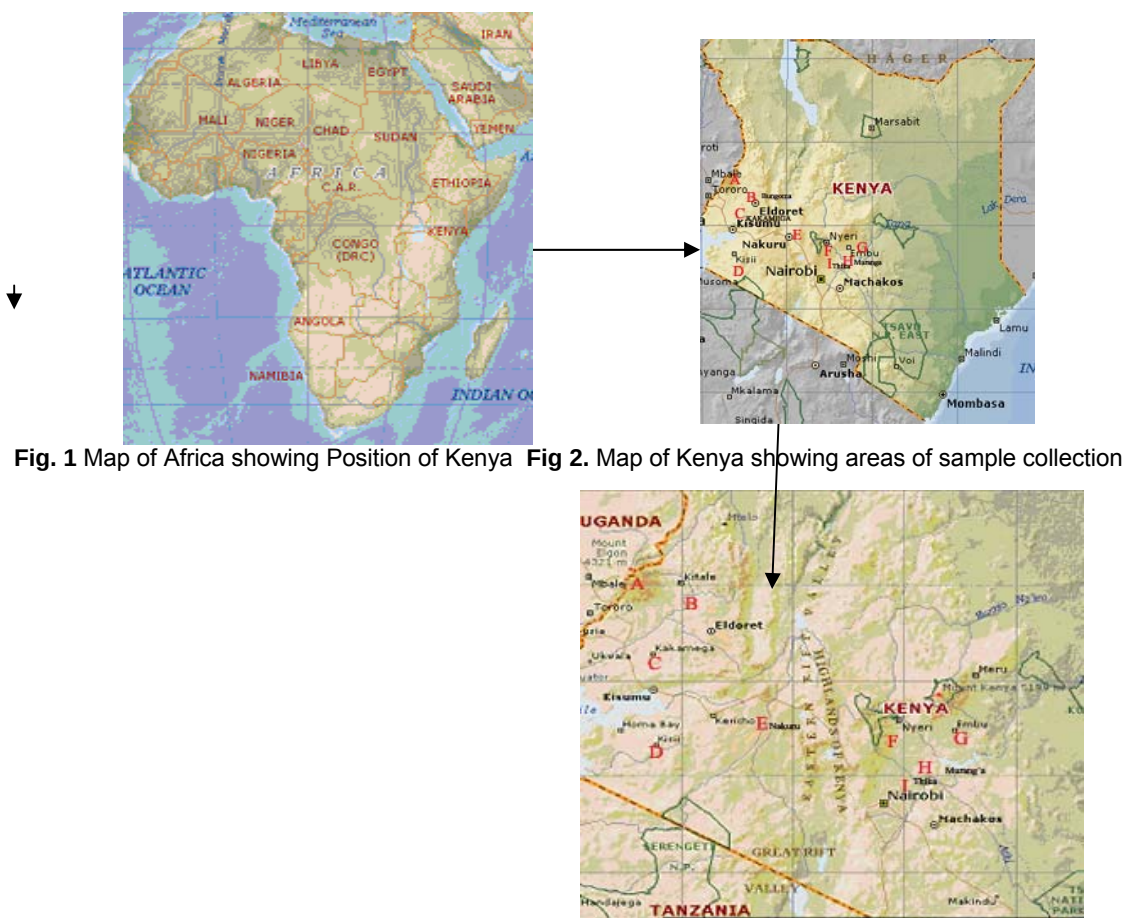


**Fig. 3** A detailed map of Central and Western Kenya where samples were collected. The sites Site A- Mt Elgon; B- Bungoma; C- Kakamega; D- Kisii E- Nakuru; F- Nyeri; G- Embu; H- Maragwa; I- Thika Site A- Mount Elgon District, Kenya is on the border between Kenya and Uganda.

ISEM results were limiting because only seven out of 38 samples were tested, however these were representative samples. Characteristic virions of approximately 120 nm x 30 nm (Figure 4) were detected in seven samples (Likhaho 1, Likhako 2, Lisulya 1, Lisulya 2, Khabusi, Bururu, and Nshule) ISEM tests confirmed that samples with typical BSV symptoms contained bacilliform particles with an anti-BSV antiserum.

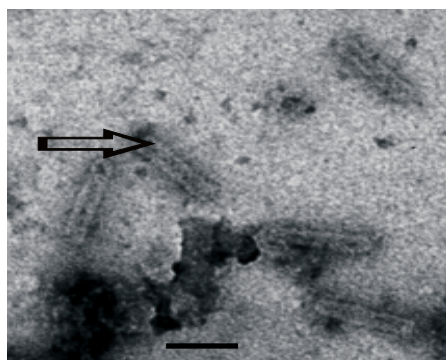


**Figure. 4** ISEM of a virus preparation from Kenyan banana leaf cv. Likhaho from Mt. Elgon The arrow indicates a bacilliform particle of approximate size 120 nm x 30nm. Scale bar =100 nm

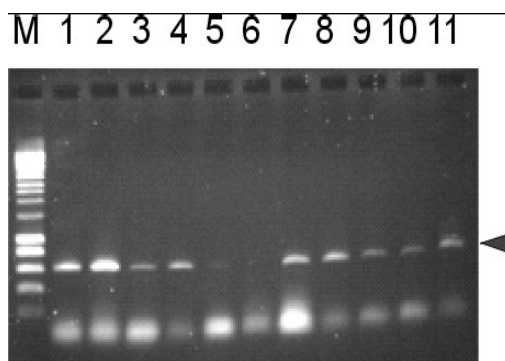


**Figure 5.** Comparison of IC-PCR results using some of the Kenyan banana samples Khabusi 1 (lane 1), Khabusi 2 (lane 2), sialamule (lane 3), Bururu 1 (lane 4), Bururu 2 (lane 5), Likhako (lane 6), Nshule (lane 7), Khabusi 3 (lane 8), Lisulya 1 (lane 9) and Lisulya 2 (lane 10). Lane 11 is a positive control BSOEV isolate

Although amplification of a specific viral DNA fragment was successful using both standard PCR and IC-PCR techniques, better amplification was achieved using IC-PCR. It is possible that compounds which interfere with PCR amplification are removed during the immune-capture process. IC-PCR amplified 600 bp products from both virus mini-preps and leaf sap extracts of a total of twenty two BSV samples. Figure 3 shows some of the samples. Our results confirm that episomal virus can be trapped by the antibodies and the viral DNA detected by IC-PCR with high sensitivity and specificity. DNA fragments of BSV were not amplified from some leaf samples using degenerate primers 1A and 4' despite the apparently clear BSV symptoms. This may be because the symptoms were not due to BSV and other viruses might have been involved (Tushemereirwe *et al.*, 1996)

The oligonucleotide sequences (Figure 4) of the PCR products from majority of the sequenced samples showed very high similarities to one particular Ugandan species (BSUGAV). In contrast to all other Ugandan BSV sequences, this particular species is found only around Mt. Elgon (Harper *et al.* 2005). This isolate, BSUGAV also differs from all other BSV species in that it has two missing amino acids. Molecular identification of the viruses isolated from seven samples using sequence analysis has shown that they are closely related to four known virus isolates. Sample 5b\_1f of cv. Khabusi was similar to *Banana streak Goldfinger virus* (BSGFV) species, sample p3\_5 of cv. Lisulya was similar to *Banana streak Imove virus* (BSIMV) species, and samples gf13\_1, gf13\_2 and gf13\_6 of Gold-Finger cultivar were similar to *Banana streak Obino l'Ewai virus* (BSOEV) species (Figure 4). All the three species have previously been identified as integrated and activatable sequences associated with the *Musa B* genome. As they were found in the A genome, apart from samples of Gold-Finger, they may have been introduced by the virus vector. Sample Gold-Finger could be integrated but not infectious (episomal). The other isolate, referred to as banana streak Uganda A virus (BSUGVA), has previously been detected as an episomal virus in Uganda which was geographically restricted to the Mt. Elgon region. It seems likely that this isolate was recently introduced into Kenya, possibly from Uganda

|          |             |            |            |            |             |
|----------|-------------|------------|------------|------------|-------------|
| 51       |             |            |            |            | 100         |
| 5b_3r    | CCATCTGTTT  | CAATTATCAT | GAATGCTTCC | TTTGGAGGGA | GTTCCATGTC  |
| BSUgCV   | TATTCCAGAG  | AAAGATGGAT | GAATTTTTCA | AAGACACAGA | AGAATATATA  |
| BSUgBV   | TATTTCAGAG  | AAAAATGGAC | GAATGTTTCA | AAGGTACGGG | AGAATTTATC  |
| BSUgFV   | TATTCCAAAG  | GAAAATGGAC | AATTGCTTCA | AAGGTACGGA | ACAATTTATT  |
| BSUgEV   | TATTCCAAAG  | GAAAATGGAT | AATTGCTTCA | AAGGTACGGA | ACAATTAATT  |
| BSUgDV   | TATTCCAAAG  | GAAAATGGAC | AACTGCTTCA | GAGGTACGGA | ACAATTCATT  |
| BSUgHV   | TATTTTCAGAG | AAAGATGGAT | GCCTGCTTTA | AAGGTACGGA | ACAATTTATA  |
| BSUgGV   | TATTTCAAAG  | AAAAATGGAC | GACTGCTTTC | GAGGTATGGA | GCAATTCATA  |
| BSMysV_4 | TATTCCAACG  | AAAGATGGAT | ACCTGTTTTA | AAGGTACTGA | AGCCTTCATT  |
| DBV1_4   | TGTTCCAAAG  | GAAGATGGAT | AATTGTTTTT | GAGGTACGGA | GGATTTTATT  |
| 5b_1f    | TATTTCAACG  | AAAGATGGAC | GACTGCTTCC | GAGGTACAGA | AAAAATTTATA |
| BSGfV    | TATTTCAACG  | AAAGATGGAT | AACTGCTTCC | GAGGTACAGA | AAAAATTTATA |
| 9_9r     | TCTTTCAGAG  | GAAAATGGAT | CACTGTTTT. | .....CATGA | AGACTTCATA  |
| 9_4f     | TCTTTCAGAG  | GAAAATGGAT | CACTGTTTT. | .....CATGA | AGACTTCATA  |
| 9_5f     | TCTTTCAGAG  | GAAAATGGAT | CACTGTTTT. | .....CATGA | AGACTTCATA  |
| 9_10r    | TCTTTCAGAG  | GAAAATGGAT | CACTGTTTT. | .....CATGA | AGACTTCATA  |
| p3_9     | TCTTTCAGAG  | GAAAATGGAC | CACTGTTTC. | .....CATGA | AGACTTCATA  |
| p3_8     | TCTTTCAGAG  | GAAAATGGAC | CACTGTTTC. | .....CATGA | AGACTTCATA  |
| 4_4r     | TCTTTCAGAG  | GAAAATGGAC | CACTGTTTC. | .....CATGA | AGACTTCATA  |
| 4_1f     | TCTTTCAGAG  | GAAAATGGAC | CACTGTTTC. | .....CATGA | AGACTTCATA  |
| 4_3r     | TCTTTCAGAG  | GAAAATGGAC | CACTGTTTC. | .....CATGA | AGACTTCATA  |
| 5_3r     | TCTTTCAAAG  | AAAAATGGAT | CACTGTTTC. | .....CATGA | AGACTTCATA  |
| 5_1f     | TCTTTCAAAG  | AAAAATGGAT | CACTGTTTC. | .....CATGA | AGACTTCATA  |
| p3_7     | TCTTTCAAAG  | AAAAATGGAT | CACTGTTTC. | .....CATGA | AGACTTCATA  |
| p3_2     | TCTTTCAAAG  | AAAAATGGAT | CACTGTTTC. | .....CATGA | AGACTTCATA  |
| 5b_2r    | TCTTTCAAAG  | AAAAATGGAT | CACTGTTTC. | .....CATGA | AGACTTCATA  |
| p1_5rev  | TCTTTCAGAG  | GAAAATGGAT | CATTGTTTC. | .....CATGA | AGACTTCATA  |
| BSUgAV   | TCTTTCAGAG  | GAAAATGGAT | CATTGTTTC. | .....CATGA | AGACTTCATA  |
| gf13_6   | TATTTCAAAG  | AAAAATGGAC | AATTGCTTTA | GAGGGACAGA | GGATTTTATT  |
| gf13_2   | TATTTCAAAG  | AAAAATGGAC | AATTGCTTTA | GAGGGACAGA | GGATTTTATT  |
| gf13_1   | TATTTCAAAG  | AAAAATGGAC | AATTGCTTTA | GAGGGACAGA | GGATTTTATT  |
| BSOEV    | TATTCCAACG  | AAAAATGAAC | AATTGCTTTA | GAGGAACAGA | GGATTTTATT  |
| p3_5     | TCTTCCAGAG  | AAAGATGGAT | AATTGCTTCA | GAGGAACCGA | GGAATTCATT  |
| BSImV    | TCTTCCAAAG  | AAAGATGGAT | AATTGCTTCA | GAGGAACCGA | GGAATTCATT  |

**Figure 4** Alignment of partial reverse transcriptase sequences of some badnaviruses including different BSV species and Kenyan isolates. Sequences were aligned using ClustalX to reveal a two amino acid deletion within seven Kenyan BSV isolates and one representative Ugandan BSV isolate (BSUgA). The Ugandan BSV species are indicated as *Banana streak Uganda A-H virus* (BSUgA-H), *Banana streak Obino L'ewai virus* (BSOEV), *Banana streak mysore virus* (BSMysV), *Banana streak Imove virus* (BSImV). The blue text highlights some of the Kenyan BSV isolates

## CONCLUSION.

The presence of BSV in Kenyan samples has been confirmed using ISEM, IC-PCR and sequencing techniques and the protocol has been put in place for detection of the virus for field and tissue culture material

Currently, the transmission of BSV is poorly understood, particularly under field conditions and over large areas. For the future, it would be worth developing strategies to minimise (re)infection of clean planting material and so maximise banana production in Kenya. A practical control measure would be to avoid propagating identified infected mother plants and use of BSV screened tissue culture material



## REFERENCES.

1. Ahlawat, Y.S., Pant, R.P., Lockhart, B.E.L., Srivastava, M., Chakraborty, N.K. and Varma, A. (1996). Association of badnavirus with citrus disease in India. *Plant Disease* 80:590 – 592. analysis tools. *Nucleic Acids Res* 24: 4876–4882.
2. FAO. (2004). Commodity market review, 2003-2004. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
3. Harper G, Hull R (1998) Cloning and sequence analysis of banana streak virus DNA. *Virus Genes* 17: 271–278.
4. Harper G, Osuji JO, Heslop-Harrison JS, Hull R (1999) Integration of banana streak badnavirus into the *Musa* genome: molecular and cytogenetic evidence. *Virology* 255.
5. Harper, G., Hart, D., Moul, S. and Hull, R. (2002). Detection of banana streak virus in field samples of bananas from Uganda. *Annals of Applied Biology* 141:247-257.
6. Harper, G., Hart, D., Moul, S., Hull, R., Geering, A., and Thomas, J. (2005) The diversity of Banana streak virus isolates in Uganda. *Archives of Virology*.
7. Jones DR, Lockhart BEL (1993) Banana streak disease. *Musa* fact sheet No. 1, International network for improvement of banana and plantain, Montpellier, France.
8. Lassoudière A. 1974. La mosaïque dite "à tirets" du bananier Poyo en Côte d'Ivoire. *Fruits* 29:349-357.
9. Lockhart B E L, Jones D R. 2000. Banana streak. In *Diseases of banana abaca and enset*, pp. 263-274. Ed. D R Jones. Wallingford, UK: CAB International.
10. Lockhart BEL, Olszewski NE (1993) Serological and genomic heterogeneity of banana streak badnavirus: implications for virus detection in *Musa* germplasm. In: Ganry J (ed).
11. Lockhart, B.E.L. (1986). Purification and serology of a bacilliform virus associated with banana streak disease. *Phytopathology*, 76:995-999.
12. Ndowora T, Dahal G, LaFleur D, Harper G, Hull R, Olszewski NE, Lockhart B (1999) Evidence that badnavirus infection in *Musa* can originate from integrated pararetroviral sequences. *Virology* 255: 214–220.
13. Qaim, M. (1999). Assessing the Impact of Banana Biotechnology in Kenya. *Biotechnology and Development Monitor* pp. 18-22.
14. Tushemereirwe W K, Karamura E B, Karyeija R. 1996. Banana streak virus (BSV) and an associated filamentous virus (unidentified) disease complex of Highland bananas in Uganda. *InfoMusa* 5:9-12.
15. Yot-Dauthy D, Bové J M. 1966. Mosaïque du bananier. Identification et purification de diverses souches du virus. *Fruits* 21:449-465.
16. Wangai, A. W., L. Karanja, J. Ndung'u, E. Kimani, S. Kilonzo, F. Nguthi. (2002). Preliminary results on surveys of banana streak virus (BSV) in Kenya. *Egerton university/ KARI-NPBR 2<sup>nd</sup> Annual Symposium*.



## IMMUNODIAGNOSIS OF BANANA VIRUSES AND PRODUCTION OF DISEASE FREE PLANTING MATERIALS

### LE DIAGNOSTIC IMMUN DU VIRUS DE BANANE ET LA PRODUCTION DU MATÉRIEL DE PLANTATION, DÉGAGÉ DE LA MALADIE.

Umamaheswaran, K<sup>1</sup> & Ayisha, R<sup>2</sup>

#### SUMMARY

Banana (*Musa* sp) is one of the most important fruit crops in many tropical and subtropical countries. It is the premier fruit of Kerala, which is grown in about 2 lakhs hectares occupying more than 30 % of the total cultivated area in the state. The major threat to banana production in this area is from viral disease such as banana bunchy top virus (BBTV), banana bract mosaic virus (BBrMV), Cucumber mosaic virus (CMV) and banana streak virus (BSV). Viral diseases of banana are spreading fast. Detailed information on the disease along with methods of early detection and elimination of the virus through meristem tip culture are required for formulating effective control measures for the viral diseases of banana. Government of Kerala initiated a project entitled "Biotechnological Interventions and Opportunities towards Enhancing Crop Production in Kerala (BIOTEC – KERALA)" for the enhancement of Kerala Agriculture. The main objective of the project is to produce virus free tissue culture banana planting material. ELISA is used to detect and index tissue culture plantlets. The project could produce disease free tissue culture plantlets to farmers through serological indexing procedures.

Keywords: plant pathology, diseases, viruses

#### RESUME

La banane est le fruit le plus important du kerala. La menace majeure pour la production de la banane est la maladie causée par les virus, comme Banana bunchy top virus (BBTV), Banana bract mosaic virus (BBMV), Cucumber mosaic virus (CMV) et Banana streak virus (BSV). Les maladies de virus se propagent très vite au Kerala. Pour formuler effectivement des mesures pour enrayer les maladies virales, il faut obtenir l'information détaillée sur la maladie et sur la detection ainsi que l'élimination tôt du virus par le meristem tip culture. Le gouvernement du Kerala a lance un project intitulé "Biotech-Kerala: Biotechnological Interventions & Opportunities towards Enhancing crop production in Kerala." L'objectif principal du projet est de produire du matériel pour plantation de banane en tissu culture qui est dégagé du virus. Le projet peut Fournier aux fermiers des plantlets de tissu culture, d'égalé de maladies, par des méthodes d'indice sérologique.

#### INTRODUCTION

Government of Kerala started a project entitled "BIOTEC – KERALA: Biotechnological Interventions and Opportunities towards Enhancing Crop Production in Kerala" for the enhancement of Kerala Agriculture. The project is implemented at different centres of Kerala Agricultural University. The project covers commercial adoption of micropropagation protocols for producing quality planting material. The project is mainly intended to produce virus free tissue culture banana planting material. For certification of quality planting materials a virus indexing unit has been established in the Department of Plant Pathology, College of Agriculture, Vellayani. Virus indexing technology is an essential component of virus-free seedling production. A range of techniques can be used to detect and identify viruses. ELISA is a very sensitive indexing method in which an enzymatic colour reaction indicates that a virus is present in the test plant. Using ELISA in combination with bioassay methods, virus-infected plants could be detected and eliminated from a plant population. Geering and Thomas (1996) compared four serological tests for the detection of banana bunchy top virus. ELISA-NPP was found to be the best when compared to ELISA –A, DIBA-ECL and DIBA – C on the basis of sensitivity, cost and completion time.

<sup>1</sup> Principal Investigator, Virus Indexing Unit, BIOTEC- KERALA Project, Department of Plant Pathology, Kerala Agricultural University, College of Agriculture, Vellayani. E mail- umkagri@yahoo.com ☎04712381002-ext.442 (O) 0471-2437246(R)

<sup>2</sup> Research Associate, Virus Indexing Unit, BIOTEC- KERALA Project, Department of Plant Pathology, College of agriculture, Vellayani. E- mail ayishar@gmail.com

Location specific varieties/strains will be multiplied *in vitro* at nucleus centres. The nucleus centres include Department of Biotechnology, College of Agriculture, Vellayani, Centre for Plant Biotechnology and Molecular Biology, College of Horticulture, Vellanikkara and BMFC, Kazhakootam. Mass multiplication of nucleus material is being done by five Regional Agricultural Research Stations, Banana Research Station of KAU and Biotechnology and Model Flori Centre of Vegetable and Fruit Promotion Council of Kerala (VFPC), Kazhakootam. The virus indexed plantlets were mass multiplied, certified and distributed to farmers for commercial planting.



Fig.1.CULTURES IN GROWTH ROOM



Fig 2. PLANTLETS UNDER SECONDARY HARDENING



Fig.3. TRANSPORT OF HARDENED PLANTS

## MATERIALS AND METHOD

The leaf samples of TC plants were ground separately in coating buffer (carbonate buffer) in the ratio 1:5 (w/v). The homogenate was centrifuged at 5000 rpm for 10 minutes at 4°C. The treatments were replicated twice. After incubation for 2 h at 37°C the wells were washed with PBS-T, 3 times each for a duration of 3 minutes using a plate washer ( BIORAD PW-40). Blocking was done with 100 µl of 1% BSA for 30 minutes at 37°C. After incubation blocking agent was removed, plates were washed with PBS-T as before. Antibodies specific for BBTV, BBrMV, CMV and BSV obtained from Agdia Incorporated, USA were used. The antibodies at 1:200 dilutions in PBS-TPO were added and incubated over night at 4°C. The plates were washed with PBS-T and treated with 100µl of alkaline phosphatase conjugated anti rabbit immunoglobulin diluted in PBS-T ( $10^{-4}$ ) and incubated for 2 h at 37°C. Wells were washed with PBS-T as before. The substrate *para*-nitro phenyl phosphate (*P*-NPP) in substrate buffer (1 mg/ml) was added to each well (100µl/well) and incubated for 1 h at 37°C. Reaction was stopped by adding 50 µl of 4 % sodium hydroxide. The absorbance was read at 405 nm in an ELISA reader (BIORAD Model 680).

## RESULTS AND DISCUSSION

Four viruses of banana viz., Banana Bract mosaic virus, Banana bunchy top virus, Cucumber mosaic virus (Infectious chlorosis) and banana streak virus are being analysed in the center. Virus Indexing of banana tissue culture plants received from Department of Biotechnology, College of Agriculture, Vellayani and Centre for Plant Biotechnology and Molecular Biology, College of Horticulture, Vellanikkara and Regional Agricultural Research Station, Pattambi are being done in this centre. Out of the 100 samples of tissue culture banana plantlets (Nendran) so far analysed 6 samples were found positive to viruses, banana bract mosaic virus and banana streak virus.

| SAMPLE | SOURCE                                                                                      | NO:OF SAMPLES | REMARKS                                                                     |
|--------|---------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| BANANA | Centre for Plant Biotechnology and Molecular Biology, College Of Horticulture, Vellanikkara | 23            | All the samples were free of viruses                                        |
|        | Department Of Biotechnology, College of Agriculture, Vellayani                              | 69            | 3 samples were positive to BBrMV and another 3 samples were positive to BSV |
|        | RARS, Pattambi                                                                              | 8             | 2 samples were positive to viruses BSV and Infectious chlorosis             |

Training connected with immunological detection of plant viruses, specific to banana viruses were given to 10 Agricultural Officers. The selected faculty members of the Department handled the classes and practicals for this hands on training programme.



Fig 4. TRAINING GIVEN TO AGRICULTURAL OFFICERS

## CONCLUSION

Virus indexed tissue culture plantlets are reported to have 20% yield advantage. The project could provide disease free tissue culture plantlets to farmers through serological indexing methods. Training programme given to Agricultural Officers from the Dept. of Agriculture also facilitated in the production of disease free planting material in a commercial scale so as to ensure the availability of quality planting material to the farming community.

## REFERENCES

1. Geering, A.D.W. and Thomas, J.E. 1996. A comparison of four serological tests for the detection of banana bunchy top virus in banana .*Aust. J. Agric. Res.* V-47. p- 403-412.



## IMPROVED DETECTION OF *BANANA STREAK VIRUSES* AND *BANANA VIRUS X* AND STUDY OF THEIR PREVALENCE AND MOLECULAR DIVERSITY IN GUADELOUPE

## AMÉLIORATION DE LA DÉTECTION DES ESPÈCES VIRALES BSV ET BVX, ÉTUDE DE LEUR PRÉVALENCE ET DE LEUR DIVERSITÉ MOLÉCULAIRE EN GUADELOUPE

Pierre-Yves Teycheney<sup>1</sup>, Grégoire Le Provost<sup>2</sup>, Nathalie Laboureau<sup>2</sup>, Isabelle Acina<sup>1</sup>, Frédéric Péréfarres<sup>1</sup>, Marie-Line Iskra-Caruana<sup>2</sup>, & Thierry Candresse<sup>3</sup>

### SUMMARY

Viral diseases hamper *Musa* germplasm movement, genetic improvement and mass propagation. Therefore, reliable and sensitive methods for detecting viruses infecting banana and plantain are needed. A simple single step multiplex immunocapture PCR (M-IC-PCR) assay was developed for the accurate detection of episomal *Banana streak virus* and a direct binding reverse transcription nested PCR (DB-RT-PCR) assay was developed for the detection of the recently described *Banana virus X* (BVX). Both methods were used for a large scale study of the prevalence and molecular diversity of both BSV and BVX in Guadeloupe.

### RESUME

Les maladies virales limitent fortement les échanges, la multiplication de masse et l'amélioration génétique des bananiers et plantains. Aussi, il est important de disposer de techniques fiables et sensibles pour la détection des virus responsables de ces maladies. Un test de détection par multiplex immunocapture PCR (M-IC-PCR) a été développé pour la détection de copies épisomales du virus de la mosaïque en tirets du bananier (BSV), et un test de détection du virus X du bananier (BVX) par direct binding reverse transcription nested PCR (DB-RT-PCR) a également été développé. Ces outils ont été utilisés pour étudier la prévalence et la diversité des populations virales de BSV et de BVX présentes en Guadeloupe.

**Keywords** - *Banana streak virus*, BSV ; *Banana virus X*, BVX ; Endogenous pararetrovirus, EPRV ; Multiplex immunocapture PCR, M-IC-PCR ; Direct binding reverse transcription PCR (DB-RT-PCR).

### INTRODUCTION

*Banana streak viruses* (BSV) are mealybug-transmitted members of the plant pararetrovirus genus *Badnavirus*, infecting banana and plantain worldwide (Hull, 2000; Fauquet *et al.*, 2005). BSV infections cause characteristic chlorotic and necrotic leaf streak symptoms. Depending on infecting BSV species, highly susceptible banana cultivars can develop more severe symptoms, such as pseudostem splitting and necrosis (see figure 1), eventually leading to the death of infected plants (Lockhart and Jones, 2000; Daniells *et al.*, 2001). Interspecific *Musa acuminata* x *Musa balbisiana* genotypes, including a number of newly created hybrids, can produce BSV-infected propagules from virus-free source plants propagated by tissue culture (Dallot *et al.*, 2001). Likewise, infected progeny are often obtained following genetic crosses involving virus-free *M. acuminata* and *M. balbisiana* parents (Lheureux *et al.*, 2003). Such infections are correlated to the presence of endogenous BSV sequences called BSV EPRVs, which are integrated into the genome of *M. balbisiana* (Geering *et al.*, 2005), a widespread progenitor of natural and created hybrid banana and plantain species. Some infectious BSV EPRVs are assumed to lead to infectious viral particles through activation processes that are triggered by biotic and abiotic stresses such as *in vitro* culture (Folliot *et al.*, 2006).

Detection of episomal BSV by ELISA has been shown to lack sensitivity due to high backgrounds. Therefore immunocapture-PCR (IC-PCR) was adopted as the method of choice for detecting BSV, due to its high sensitivity and specificity. It combines immunological capture of BSV viral particles by a polyclonal antiserum (Ndowora, 1998) and amplification of part of the viral genome, using species-specific primers. Unfortunately, persistent background is encountered when indexing *Musa* species or hybrids harbouring the *M. balbisiana* genome that contains integrated BSV sequences. Such background results from the binding of *Musa* genomic DNA to the walls of the thin-

<sup>1</sup> CIRAD, Station de Neufchâteau, F-97130 Capesterre Belle-Eau, Guadeloupe – [teycheney@cirad.fr](mailto:teycheney@cirad.fr) –

<sup>2</sup> CIRAD/UMR BGPI, Campus International de Baillarguet, F-34398 Montpellier, France –

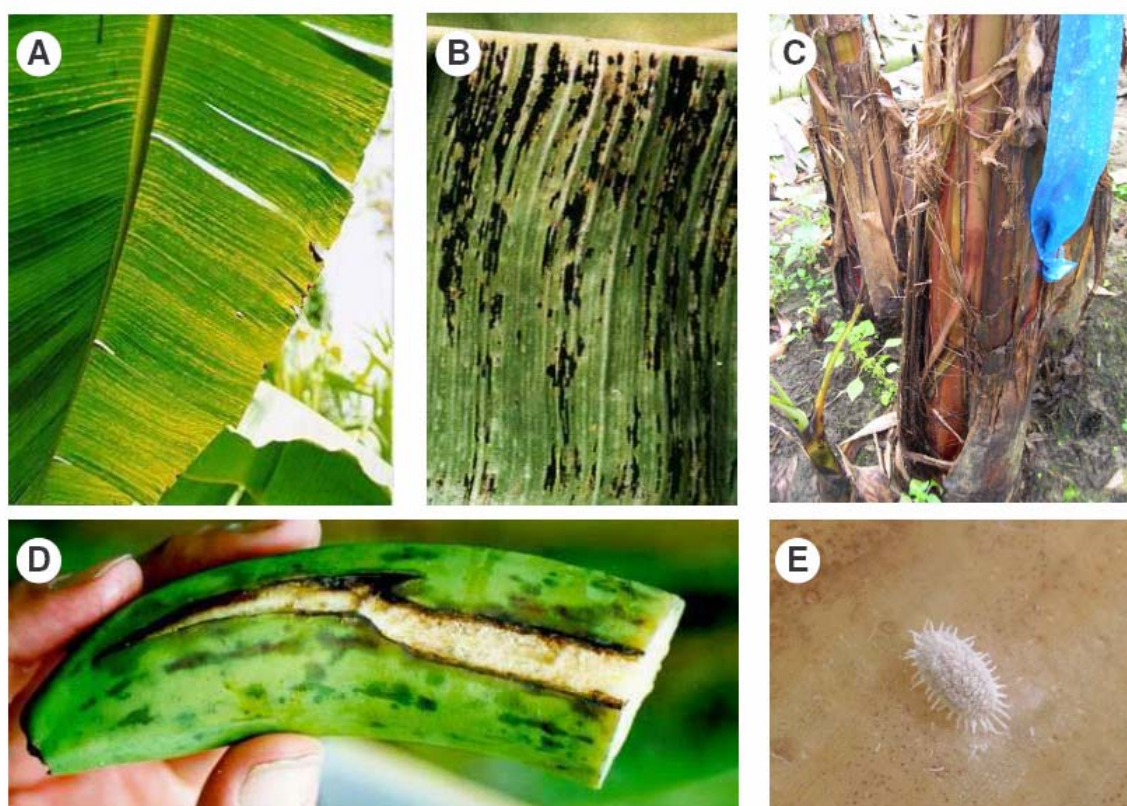
<sup>3</sup> UMR GD2P, F-33883 Villenave d'Ornon, France.



walled tubes or microplates used for IC-PCR. In order to prevent this phenomenon, we developed a single step multiplex immunocapture PCR (M-IC-PCR) assay for the sole detection of episomal BSV (Le Provost *et al.*, 2006). *Musa* sequence tagged microsatellite site primers (STMS) were used in combination with BSV species-specific primers in order to allow the detection of false positives resulting from the presence of *Musa* genomic DNA, and immunocapture conditions were optimized in order to limit contamination by residual *Musa* genomic DNA.

*Banana virus X* (BVX) is a newly described member of the *Flexiviridae* family infecting banana (Teycheney *et al.*, 2005a). Although BVX has not been associated with any particular symptom so far, it is important to develop specific detection techniques, in order to prevent its spread through the use of infected plant material. Therefore, a direct binding reverse transcription-nested PCR (DB-RT-PCR) test was developed for the detection of BVX, using degenerate primers for the RT-PCR step and BVX-specific primers for the nested PCR step.

Both BSV and BVX detection tests were successfully used for a large scale study of the prevalence and molecular diversity of BSV and BVX in Guadeloupe.



© CIRAD

**Figure 1 : BSV symptoms on banana leaves, pseudostem and fruit.**

A: chlorotic leaf streak symptoms.

B : necrotic leaf streak symptoms.

C: pseudostem splitting.

D : symptoms on fruit.

E : mealybug feeding on the pseudostem of a BSV-infected banana plant.

## MATERIAL AND METHODS

Plant materials were collected from various locations in Guadeloupe. For the detection of BSV, 0.5g leaf samples were ground in 5ml of sample buffer (2% polyvinylpyrrolidone 40, 0.2% sodium sulfite and 0.2% bovine serumalbumine, prepared in PBS Tween). Polypropylene microplate wells were coated overnight at 4°C with 25 µl of IgG purified from a polyclonal antiserum (Ndowora, 1998) and diluted to 2 g/ml in standard carbonate coating buffer, then washed 3 times with PBS-Tween. Immunocapture was performed by incubating 25 µl of leaf extracts in Ig-coated microplate wells or tubes for 3 hrs at room temperature. Following several washes with PBS Tween, multiplex PCR was performed using BSV species specific primers targeting the RT/RNaseH domain of the viral genome and *Musa* sequence tagged microsatellite (STMS) primers targeting *Musa* genomic sequences (Lagoda *et al.* 1998, see table 1). PCR reaction mix of 25 µl contained 20mM Tris-HCl (pH 8.4), 50 mM KCl, 100 mM each dNTP, 1.5 mM MgCl<sub>2</sub>, 10 pmol of each primer and 1U *Taq* DNA polymerase (Eurogentech, Seraing, Belgium). PCR cycle conditions were an initial denaturation step at 94°C for 3min, then 35 cycles (94°C for 30 sec, 58°C for 30 sec, 72°C for 1 min) followed by a final elongation step of 5 min at 72°C.

Table 1: Nucleotide sequence of primers used for the detection of BSV by M-IC-PCR.

| Target | Name of primer        | Primer sequence (5'-3')    | Size of PCR product (bp) |
|--------|-----------------------|----------------------------|--------------------------|
| BSOLV  | RD-F1 <sup>°</sup>    | ATCTGAAGGTGTGTTGATCAATGC   | 522                      |
|        | RD-R1 <sup>°</sup>    | GCTCACTCCGCATCTTATCAGTC    |                          |
| BSGFV  | GF-F1 <sup>°</sup>    | ACGAACATATCACGACTTGTTCAAGC | 476                      |
|        | GF-R1 <sup>°</sup>    | TCGGTGGAATAGTCCTGAGTCTTC   |                          |
| BSMysV | Mys-F1 <sup>°</sup>   | TAAAAGCACAGCTCAGAACAAACC   | 589                      |
|        | Mys-R1 <sup>°</sup>   | CTCCGTGATTCTTCGTGGTC       |                          |
| STMS   | AGMI 025 <sup>°</sup> | TTAAAGGTGGGTTAGCATTAGG     | 248*                     |
|        | AGMI 026 <sup>°</sup> | TTTGATGTCACAATGGTGTTC      |                          |

<sup>°</sup> : published in Geering *et al.* (2000)

<sup>°</sup> : published in Lagoda *et al.* (1998)

\* : size of PCR fragment amplified from *M. balbisiana* genomic DNA

For the detection of BVX, a direct binding reverse transcription nested PCR protocol was developed. Direct binding of viral particles was performed by incubating 50 µl of banana leaf extracts in thin-walled tubes or microplates overnight at 4°C. Plates or tubes were then washed 4 times in PBS-Tween and 1 time in sterile distilled water. RT-PCR was performed on directly bound viral particles, using the protocol and set of degenerate primers designed by Foissac *et al.* (2005) for the detection of *Flexiviruses*. A nested PCR was then performed on an aliquot of the RT-PCR mix, using a set of BVX-specific primers targeting the RNA dependant RNA polymerase (RdRp) domain of ORF1 (see figure 2).

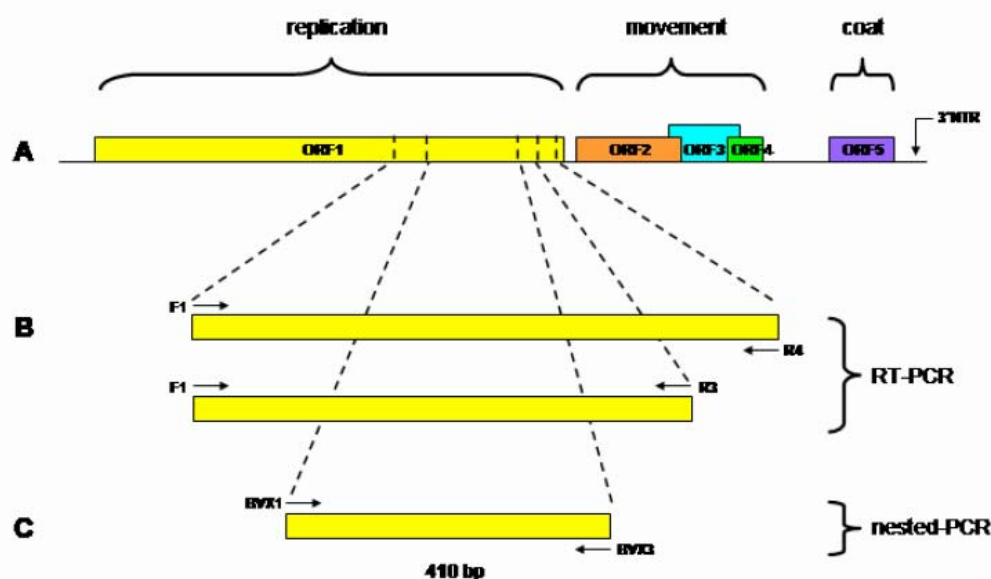


**Figure 2 : Figure 1. Genetic organisation of BVX genomic RNA and regions amplified during DB-RT-nested PCR.** Positions of the ORFs along BVX genomic RNA are indicated (A). Arrows show the position of the primers used for RT-PCR and nested PCR experiments. Degenerate inosine-containing primers F1, R3 and R4 were used for the RT-PCR step (B) whereas BVX-specific primer pair BVX1/BVX3 was used in the subsequent nested PCR step (C), giving rise to a 410 bp fragment.

## RESULTS & DISCUSSION

### Detection of BSV by M-IC-PCR

BSV detection by PCR-based techniques is hampered by the presence of BSV endogenous sequences (BSV EPRVs) in the genome of *Musa balbisiana* (Geering *et al.*, 2005). Indeed, BSV EPRVs can interfere with IC-PCR diagnosis and lead to background amplification of non episomal BSV sequences (Le Provost *et al.*, 2006). This phenomenon results from residual trapping on polypropylene thin-walled tubes or microplates of host *Musa* genomic DNA, which is present in leaf extracts. In order to eliminate background amplification of BSV EPRV sequences during IC-PCR, immunocapture conditions were optimised. Limiting immunocapture times was found to decrease the binding of residual *Musa* genomic to polypropylene below detection threshold by PCR. Furthermore, a multiplex PCR assay using STMS primers and BSV species-specific primers was developed in order to detect potential contaminations by *Musa* genomic DNA, which can lead to false positives in the course of IC-PCR. Figure 2 shows that the developed M-IC-PCR allows the specific detection of various BSV species.

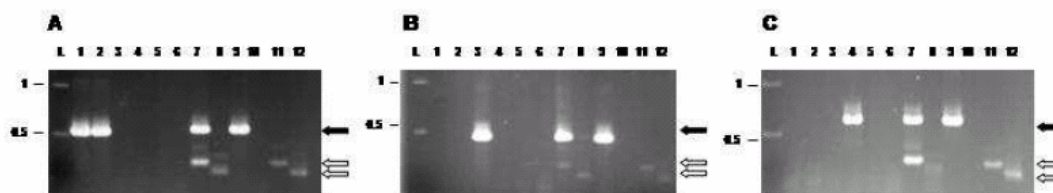


**Figure 2: Detection of episomal BSOLV, BSGFV and BSMysV by M-IC-PCR.**

Multiplex PCR reactions were carried out on immunocaptured viral particles using STMS primer pair AGMI 025 / AGMI 026 and either BSOLV species-specific primer pair RD-R1 / RD-F1 (A), BSGFV species-specific primer pair GF-R1 / GF-F1 (B) or BSMysV species-specific primer pair Mys-R1 / Mys-F1 (C). Prior to PCR, viral particles were immunocaptured for 3 hours at room temperature from 25  $\mu$ l of leaf samples prepared from infected accessions Figue pomme (AAB, lane 1), Grande naine (AAA, lane 2), Guindy (AAB, lane 3), Langka (AAAB, lane 4), and uninfected PKW (BB, lane 5) and IDN-110 (AA, lane 6). Control PCR experiments were carried out on 50 ng of genomic DNA purified from cvs PKW (lanes 7, 9 and 11) or IDN-110 (lanes 8, 10 and 12) using BSV species-specific primer pairs and STMS primer pair (lanes 7 and 8), BSV species-specific primer pairs only (lanes 9 and 10) or STMS primer pair only (lanes 11 and 12). The filled arrow indicates BSV product, and the open arrows indicate STMS products.

L: 1kb DNA ladder (Sigma) with indicated marker sizes in kb.

### Detection of BVX by DB-RT-PCR

Following the characterization of BVX in Guadeloupe (Teycheney et al., 2005a) sensitive and specific tools were needed for the detection of this virus. Therefore, a direct binding RT-nested PCR assay was designed. Figure 3 shows that the developed DB-IC-PCR allows the detection of BVX as sensitively as RT-PCR performed on total RNA extracted from infected plants.

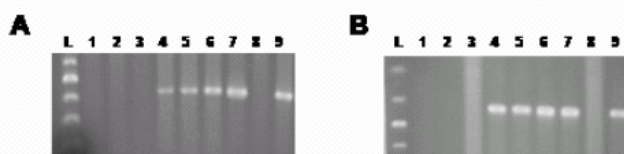


**Figure 3 : Detection of BVX by DB-RT-PCR.**

RT-nested PCR reactions were carried out using primer BVX1/BVX3 on directly bound BVX particles (A) or on total RNA extracted from the same samples (B). For DB-RT-PCR, viral particles were directly bound to thin-walled tubes or microplates overnight at 4°C from 50  $\mu$ l of leaf samples prepared from uninfected accessions (lanes 1 to 3) and infected ones (lanes 4 to 7). Control PCR experiments were carried out on water (lane 8) and on cloned BVX sequence (lane 9) respectively.

L: 100 bp ladder (Promega).

### Prevalence and diversity of BSV and BVX in Guadeloupe.

The prevalence of the main BSV species and of BVX in Guadeloupe was assessed by M-IC-PCR and DB-RT-PCR, respectively. Analysis of 432 leaf samples randomly collected in a wide range of locations confirmed that BSV is present at a low rate in Guadeloupe and that BSGFV is the predominant species on the island (see table 2): of the 39 positive samples, 38 were infected by BSGFV and only one by BSOLV, 33 were plantain (AAB genotypes) and 6 were dessert banana (Cavendish, an AAA genotype). Additional samples are currently being analysed in order to refine these preliminary results.



Table 2: Analysis of the prevalence of BSV in plantain and dessert banana in Guadeloupe

|        | Plantain | Dessert | Total |
|--------|----------|---------|-------|
| BSGFV  | 33       | 5       | 38    |
| BSOLV  | 0        | 1       | 1     |
| BSMysV | 0        | 0       | 0     |
| BSImV  | 0        | 0       | 0     |
| Total  | 33       | 6       | 39    |

The presence of BVX was monitored in the same samples using DB-RT-PCR. This work showed that BVX is present at an even lower rate on the island, since only 4 of the analysed leaf samples were infected. No symptom could be associated with the presence of the virus, confirming previous observations (Teycheney *et al.*, 2005a). Sequencing of the PCR product amplified following DB-RT-PCR is currently in progress, in order to get insights into the molecular variability of BVX in Guadeloupe. Previous data have showed that BVX displays a very low level of molecular diversity in the RdRp sequence that was analysed, contrary to the situation encountered for another member of the *Flexivirus* family infecting banana, *Banana mild mosaic virus* (Teycheney *et al.*, 2005b).

## CONCLUSIONS

Specific and sensitive methods were successfully developed for the detection of episomal BSV and BVX. They are being implemented for routine indexing of plant material prior to mass propagation, in order to avoid large scale distribution of infected plant material.

These detection methods are being used for a large scale study of the prevalence of both viruses in Guadeloupe. Preliminary results of this work indicate that both BSV and BVX are present on the island, at a very low rate and with no reported impact on banana and plantain production. Genotypes containing the *M. balbisiana* genome, such as most plantains, can become infected following either transmission of the virus by one its natural mealybug vectors or stress-mediated activation of BSV EPRVs. The low impact of BSV on plantain in Guadeloupe probably results from the fact that plantain is only vegetatively propagated there, and never mass propagated *in vitro* because of the risks of activation of BSV EPRVs by *in vitro* culture (Dallot *et al.*, 2001; Folliot *et al.* 2006). Conversely, most dessert banana plantations in Guadeloupe use certified virus-free vitroplants in order to avoid propagating (viral) diseases. These efforts certainly account for the low impact of viral diseases on banana and plantain in Guadeloupe.

## ACKNOWLEDGEMENTS

We thank B.E.L. Lockhart (University of Minnesota, St Paul, USA) for providing BSV antiserum. This research was partially supported by the EU-funded *Paradigm* project (QLRT 2001-02098).

## REFERENCES

- Dallot, S., Acuna, P., Rivera, C., Ramirez, P., Côte, F., Lockhart, B.E.L., Caruana, M.L., 2001. Evidence that the proliferation stage of micropropagation procedure is determinant in the expression of *Banana streak virus* integrated into the genome of FHIA 21 hybrid (*Musa* AAAB). *Arch. Virol.* **146**, 2179-2190.
- Daniells, J. W., Geering, A.D. W., Bryde, N. J., Thomas, J. E., 2001. The effect of Banana streak virus on the growth and yield of dessert banana in tropical Australia. *Ann. Appl. Biol.* **139**, 51-60.
- Fauquet, C.M., Mayo, M.A., Maniloff, J., Desselberger, U., Ball, L.A., 2005. Virus taxonomy: 8th report of the International Committee of the Taxonomy of Viruses. Elsevier Academic Press, Amsterdam.
- Foissac, X., Svanella-Dumas, L., Gentit, P., Dulucq, M.-J., Marais, A. & Candresse, T. (2005). Polyvalent degenerate oligonucleotide reverse transcription-polymerase chain reaction : a polyvalent detection and characterization tool for trichoviruses, capilloviruses and foveaviruses. *Phytopathology* **95**: 617-625.
- Folliot, M., Galzi, M., Laboureau, N., Caruana, M.-L., Teycheney, P.-Y. & Côte, F. (2006). Risk assessment of spreading *Banana streak virus* (BSV) through *in vitro* culture. Abst XVII Acorbat meeting, Joinville, Brasil.
- Geering A. D. W., Olszewski, N. E., Harper, G., Lockhart, B. E., Hull, R., Thomas, J. E. (2005). Banana contains a diverse array of endogenous badnaviruses. *J. Gen. Virol.* **86**, 511-520.
- Harper, G., Hart, D., Moul, S., Hull, R., Geering, A., Thomas, J., 2005. The diversity of *Banana streak virus* isolates in Uganda. *Arch. Virol.* **150**, 2407-2420.
- Hull, R., Harper, G., Lockhart, B.E.L., 2000. Viral sequences integrated into plant genomes. *Trends Plant Sci.* **5**, 362-365.



9. Lagoda, P.J.L., Noyer, J.-L., Dambier, D., Baurens, F.-C., Grapin, A., Lanaud, C., 1998. Sequence tagged microsatellite site (STMS) markers in *Musaceae*. *Mol. Ecol.* **7**, 657-666.
10. Le Provost, G., Acina, I., Iskra-Caruana, M.-L. And Teycheney, P.-Y. (2006). Improved detection of episomal *Banana streak viruses* by multiplex immunocapture. *J. Virol. Meth.* (in press).
11. Lheureux, F., Carreel, F., Jenny C , Lockhart B.E.L., Iskra-Caruana, M.L., 2003. Identification of genetic markers linked to banana streak disease expression in inter-specific *Musa* hybrids. *Theor. Appl. Genet.* **106**, 594-598.
12. Lockhart, B.E.L., Jones, D.R., 2000. *Banana streak virus*. In Diseases of banana, abaca and enset, D.R. Jones ed., CABI publishing.
13. Ndowora, T.C., 1998. Development of an enzyme immunoassay to detect serologically diverse isolates of *Banana streak virus* and characterisation of viral sequences integrated into the *Musa* genome. PhD thesis, University of Minnesota, 90 pp.
14. Ndowora, T., Lockhart, B.E.L., 2000. Development of a serological assay detecting serologically diverse *Banana streak virus* isolates. *Acta Horticult.* **540**, 377-388.
15. Teycheney, P.-Y., Marais, A., Svanella-Dumas, L. et Candresse, T. (2005a). Molecular characterization of banana virus X (BVX), a novel member of the Flexiviridae. *Arch. Virol.* **150**: 1715-1727.
16. Teycheney, P.-Y., Laboureau, N., Iskra-Caruana, M.-L. et Candresse, T. (2005b). High genetic variability and evidence for plant-to-plant transfer of *Banana Mild Mosaic Virus*. *J. Gen. Virol.* **86**: 3179-3187.

**TRANSMISSION STUDIES OF ACTIVATED-EPISOMAL BANANA STREAK BADNAVIRUS  
FROM FHIA-21 (AAAB) BY FOUR MEALYBUG SPECIES****ETUDE DE LA TRANSMISSION DE FORMES ÉPISOMALES DU BADNAVIRUS DE LA  
MOSAÏQUE EN TIRETS DU CULTIVAR FHIA-21 (AAAB) PAR QUATRE ESPÈCES DE  
COCHENILLES**

Jacolene Bee Meyer<sup>1</sup>; John Charles Robinson<sup>2</sup>; Gerhard Pietersen<sup>3</sup> & Louis Hendrik Nel<sup>4</sup>

**SUMMARY**

Endogenous sequences of *Banana streak badnavirus* (BSV), a Pararetrovirus, are often associated with the B-genome of *Musa* (Banana and Plantain). Stress factors, such as tissue culture may trigger the activation of such sequences resulting in systemic activated-episomal BSV. BSV-OL was reported to be endogenous in the cultivar FHIA-21 (AAAB). In order to produce plants with activated-episomal BSV, tissue culture “stress” was applied to virus-free FHIA-21 germplasm material. Thirteen percent of the progeny contained activated-episomal BSV-OL and BSV-RD. These served as donors in an experimental transmission study, performed under controlled conditions. Control treatments; BSV-free Williams (Cavendish subgroup AAA) and FHIA-21 (harbouring episomal BSV-GF) were included. Two known vectors of BSV; *Planococcus citri* (Risso) and *Dysmicoccus brevipes* (Cockerell) as well as two unknown vectors *Planococcus ficus* (Signoret) and *Pseudococcus longispinus* (Targioni-Tozzetti) were evaluated separately for their ability to transmit BSV to Williams. The acquisition and inoculation access periods were 72h and 120h respectively. Receptor plants were evaluated 3 and 6 months after transmission by immunocapture polymerase chain reaction (IC-PCR) and triple antibody sandwich enzyme linked immunosorbent assay (TAS- ELISA). *P. citri* transmitted activated episomal BSV-OL and BSV-RD to all the receptor plants 10/10 while BSV-GF was transmitted to 5/10 plants. *D. brevipes* transmitted only BSV-OL and BSV-RD to Williams while no transmissions were obtained with *P. longispinus*. *P. ficus* was shown to be a vector of BSV-OL, BSV-RD (8/10) and BSV-GF (3/10).

**Keywords:** BSV, Pararetrovirus, *Planococcus citri*, *Dysmicoccus brevipes*, *Planococcus ficus*

**RESUME**

Des facteurs de stress peuvent activer les séquences du virus de la mosaïque en tirets (BSV) intégrées au génome B de *Musa*. Des bananiers FHIA-21 exempts de virus ont été soumis au stress de la culture de tissus afin de provoquer la production de formes épisomales de BSV. Les plants infectés ont été utilisés dans une expérience en laboratoire visant à vérifier si des cochenilles pouvaient transmettre le virus à des bananiers Cavendish (Williams). *Planococcus citri*, *Dysmicoccus brevipes* et *Planococcus ficus* se sont avérés être des vecteurs de BSV-OL et BSV-RD.

**INTRODUCTION**

BSV, causing banana streak disease (BSD), is a limiting factor in germplasm exchange since integrated sequences of the virus, that may be activated by certain factors, occur in the genome of certain *Musa* species. Once activated, virus particles become systemic (episomal) in the host. Although BSV is not considered an economically important virus infecting *Musa* in South Africa and Australia, it has been described as a limiting factor to *Musa* production in a country such as Uganda (Harper *et al.*, 2004). It is speculated that virus strain type, plantation management, cultivar and other environmental factors, such as temperature, may influence the effects that BSD may have on production and symptom expression. Only Cavendish (A-genome) cultivars are commercially cultivated in South Africa. However, limited plantations of other *Musa* cultivars such as Goldfinger

<sup>1</sup> Du Roi Invitrolab, PO Box 66, Letsite, 0885, South Africa. E-mail jm@cri.co.za,

<sup>2</sup> Du Roi Invitrolab, PO Box 66, Letsite, 0885, South Africa. E-mail durollab@mpu.co.za,

<sup>3</sup> Department of Microbiology and Plant Pathology, New Agricultural building, University of Pretoria, 0002, South Africa  
gerhard.pietersen@up.ac.za,

<sup>4</sup> Department of Microbiology and Plant Pathology, New Agricultural building, University of Pretoria, 0002, South Africa  
louis.nel@up.ac.za

(FHIA-01; AAAB), High Noon (AAAB) and FHIA-25 (AAAB) do exist and are often planted in close proximity to Cavendish. In a recent survey done in the Kiepersol area of Mpumalanga province, South Africa, episomal-BSV (BSV-OL, BSV-RD and BSV-GF) has consistently been found in plantations established with such B genome-containing cultivars. These B genome cultivars may serve as reservoirs of the virus, which could spread to BSV-sensitive Cavendish under extreme conditions. Therefore, the need arose to evaluate the ability of common mealybug species to transmit activated-episomal BSV, in order to formulate plantation management strategies for growers.

## MATERIALS AND METHODS

A laboratory study, aimed at evaluating the ability of different mealybug species to transmit activated-episomal BSV, was undertaken at the plant quarantine facility of the Plant Protection Research Institute, in Pretoria, South Africa. In order to generate donors and control donor plants, tissue culture was performed on FHIA-21 germplasm (imported from the Katholieke Universiteit, Leuven, Belgium) and virus-free Williams. The FHIA-21 germplasm material was previously declared to be virus-free by several independent INIBAP virus-indexing centres. FHIA-21 has been reported to contain integrated BSV that can be activated by tissue culture to form activated-episomal BSV (Dallot *et al.*, 2001). FHIA-21 sucker material, with no tissue culture background, was imported from Honduras, where this tetraploid was originally developed. The sucker material was established in fertilized potting soil and tested with IC-PCR and TAS-ELISA in order to determine their virus status. IC-PCR and TAS-ELISA were also performed four months after the establishment of the tissue culture generated plants from the FHIA-21 germplasm material. The published primers and protocols for BSV-OL, BSV-RD and BSV-GF were used (Harper *et al.*, 1999; Geering *et al.*, 2000). Reagents for the TAS-ELISA were used as described (Meyer, 2005). *P. longispinus* was reared on a *Philodendron* sp. in a separate insect proof Perspex cage under quarantine conditions. The remaining mealybug species were reared under similar conditions on butternut (*Cucurbita moshata*) fruit. An experienced mealybug taxonomist, determined the taxonomic status of each colony before transmission studies commenced.

Each transmission was performed separately, under constant temperatures and 12 hours artificial light daily, in growth chambers. Transmissions from each of the three donors were made to 10 Williams receptor plants for each treatment. Colonized butternuts were placed on donor plants in separate insect-proof cages and removed the following day. A 72h acquisition access period was allowed after which pieces of donor plant material containing colonized mealybugs, were transferred to each separate group of receptor plants. A further 120h inoculation access period was allowed. Prior to killing the mealybugs with an insecticide, those feeding on each individual receptor plant were counted. Receptor plants were evaluated three and six months after the transmissions were performed, using IC-PCR and TAS-ELISA as described earlier.

## RESULTS AND DISCUSSION

Nine (13.4%) of the 67 plants, generated from FHIA-21 germplasm, using tissue culture, were positive for BSV-OL and BSV-RD. The viral status of the BSV donors used in the transmissions is indicated in Table 1. Contrary to expectations, the FHIA-21 sucker material was infected with either BSV-OL, BSV-RD, BSV-GF or combinations of these strains, probably through field infections. One sucker, only infected with BSV-GF, was chosen as a control donor of episomal BSV-GF. Averages of the results obtained for the transmissions with individual mealybug species are summarized in Tables 2 to 5. Transmission of the activated-episomal BSV-OL and BSV-RD from tissue culture generated FHIA-21 was obtained with the mealybug vectors *P. citri*, *D. brevipes* and *P. ficus* (Tables 2, 3 and 4). For *P. citri* 10/10 receptor plants were infected, followed by *P. ficus* with 8/10 and *D. brevipes* with 2/10. In the case of *P. citri*, two mealybugs were enough to transmit the virus. BSV-GF was transmitted from the symptomless FHIA-21 sucker from Honduras by *P. citri* (5/10) and *P. ficus* (3/10). All these plants also tested positive with TAS-ELISA and developed typical streak symptoms. As expected no transmissions were obtained from the virus-free Williams control donor. These experimental findings suggest that *P. citri* and *P. ficus* are efficient vectors of BSV. *D. brevipes* also transmitted BSV while *P. longispinus* does not seem to be a vector of BSV since no transmissions were obtained in the evaluation of this mealybug species (Table 5). All of these vectors have been recorded on *Musa* in the past (Watson and Kubiriba, 2005).

Table 1. TAS-ELISA (OD 405nm) and IC-PCR results indicating the BSV-status of the donor plants used in the transmission studies.

| Donor plant      | TAS ELISA          | IC-PCR                        |
|------------------|--------------------|-------------------------------|
| FHIA-21 TC*      | 0.900<br>(average) | BSV-OL and BSV-RD<br>positive |
| FHIA-21 sucker   | 0.058              | BSV-GF positive               |
| Williams control | 0.032              | BSV negative                  |

\*TC = Tissue culture derived plant

Table 2. Average TAS-ELISA and mealybug counts as well as IC-PCR results obtained for Williams receptor plants, three months after transmission of BSV with *P. citri*.

| From donor source | Mealybug count | TAS-ELISA (OD 405nm) | IC-PCR (Nr of plants infected/10) |
|-------------------|----------------|----------------------|-----------------------------------|
| FHIA-21 TC*       | 8.4            | 1.739                | 10 (BSV-OL & BSV-RD)              |
| FHIA-21 Sucker    | 13.8           | 0.405                | 5 (BSV-GF)                        |
| Williams Control  | 20.5           | 0.140                | 0                                 |

\*TC = Tissue culture derived plant

Table 3. Average TAS-ELISA and mealybug counts as well as IC-PCR results obtained for Williams receptor plants, three months after transmission of BSV with *P. ficus*.

| From donor source | Mealybug count | TAS-ELISA (OD 405nm) | IC-PCR (Nr of plants infected/10) |
|-------------------|----------------|----------------------|-----------------------------------|
| FHIA-21 TC*       | 37.4           | 0.862                | 8 (BSV-OL & BSV-RD)               |
| FHIA-21 Sucker    | 11.3           | 0.162                | 3 (BSV-GF)                        |
| Williams Control  | 15.6           | 0.037                | 0                                 |

\*TC = Tissue culture derived plant

Table 4. Average TAS-ELISA and mealybug counts as well as IC-PCR results obtained for Williams receptor plants, three months after transmission of BSV with *D. brevipes*.

| From donor source | Mealybug count | TAS-ELISA (OD 405nm) | IC-PCR (Nr of plants infected/10) |
|-------------------|----------------|----------------------|-----------------------------------|
| FHIA-21 TC*       | 5.5            | 0.918                | 2 (BSV-OL & BSV-RD)               |
| FHIA-21 Sucker    | 3.4            | 0.048                | 0 (BSV-GF)                        |
| Williams Control  | 2.4            | 0.043                | 0                                 |

\*TC = Tissue culture derived plant

Table 5. Average TAS-ELISA and mealybug counts as well as IC-PCR results obtained for Williams receptor plants, three months after transmission of BSV with *P. longispinus*.

| From donor source | Mealybug count | TAS-ELISA (OD 405nm) | IC-PCR (Nr of plants infected/10) |
|-------------------|----------------|----------------------|-----------------------------------|
| FHIA-21 TC*       | 6.9            | 0.160                | 0 (BSV-OL & BSV-RD)               |
| FHIA-21 Sucker    | 18.1           | 0.104                | 0 (BSV-GF)                        |
| Williams Control  | 15.9           | 0.094                | 0                                 |

\*TC = Tissue culture derived plant

## CONCLUSION

Although no evidence of activated-episomal BSV spread from B-genome cultivars to Cavendish has been observed under natural field conditions in South Africa, the situation may be different in other counties. Therefore, growers and all role players should be aware of the possible risk that high infestations of mealybugs may pose to sensitive cultivars. This is especially so when a BSV inoculum, from B-genome hybrids, multiplied by tissue culture, does exist. This study showed that three of the four mealybug species evaluated were efficient vectors of activated-episomal BSV. Of the two species of mealybug evaluated for the first time *P. ficus* was shown to be a vector of BSV, while *P. longispinus* did not seem to be a vector of BSV. The vectorship of *D. brevipes*, as reported (Kubiriba *et al.*, 2001) was confirmed.

## ACKNOWLEDGEMENT

The authors would like to thank Anne Vezina from INIBAP for translation of the summary into French.

## BIBLIOGRAPHY

1. Dallot, S.; Acuña, P.; Rivera, C.; Ramírez, P.; Cote, F.; Lockhart, B.E.L.; Caruana, M.L. 2001. *Arch. Virol.* 146 (11): 2179 – 2190.
2. Geering, A.D.W.; McMichael, L.A.; Dietzgen, R.G.; Thomas, J.E. 2000. *Phytopathology* 90: 921-927.
3. Harper G.; Dahal G.; Thottappilly G.; Hull R. 1999. *J. Virol. Meth.* 79: 1-8.
4. Harper, G.; Hart, D.; Moul, S.; Hull, R. 2004. *Virus Res.* 100 (1): 51-56.
5. Kubiriba, J., Legg, J.P., Tushemereirwe, W. and Adipala, E. (2001b). *Annals of Applied Biology* 139: (1) 37-43.
6. Meyer, J.B. 2005. MSc Thesis. Department of Microbiology and Plant Pathology, University of Pretoria, South Africa.
7. Watson, G.W.; Kubiriba, J. 2005. *African Entomol.* 13(1): 35-47.



## DETERMINACIÓN DE SOBREVIVENCIA DE *Ralstonia solanacearum* Y DETECCIÓN ASINTOMÁTICA EN PLANTAS DE BANANO

### *Ralstonia solanacearum* SURVIVOR AND EARLY DETECTION IN BANANAS PLANTS

Mónica Obregón<sup>1</sup>; Paola Andrea Rodríguez-Gaviria<sup>1</sup> & Mauricio Salazar Yepes<sup>2</sup>

#### RESUMEN

150 aislados bacterianos correspondientes a *Ralstonia solanacearum* fueron obtenidos de plantas de banano, de hospedantes silvestres y de muestras de suelo en fincas bananeras de la zona de Urabá. La sobrevivencia de la bacteria se determinó hasta por cinco meses en las muestras de suelo observando disminución de sus poblaciones progresivamente a través del tiempo después de la eliminación de la planta enferma. El patógeno sobrevive hasta por seis meses y medio en tejidos de corno de banano en el campo, aún tratados con herbicida, siendo este tejido una fuente de inóculo constante si no se cumple la cuarentena y el manejo necesario de estos residuos. En plantas inoculadas con la bacteria en invernadero, se determinó la sobrevivencia del patógeno en tejido tratado y sin tratar con herbicida por dos y tres meses respectivamente. El método serológico ensayado para la detección de la bacteria presentó inconsistencias y no fue efectivo para la detección asintomática de la enfermedad.

**Palabras Claves:** enfermedad de "moko", diversidad patogénica, diagnóstico temprano, prueba serológica

#### SUMMARY

150 bacterial strains of *Ralstonia solanacearum* were obtained from banana plants, wild hosts, and soils in banana fields in Urabá. This bacteria survives for five months in the soil and its populations diminished progressively through the time if the sick plant is eliminated completely. The pathogen survives for 6,5 months in banana tissues becoming a constant inoculum source in the field. In nursery plants, the bacteria live in the tissue for two months in herbicide injected plants; and three months in tissues of untreatment plants. Serology test is not sensible in the probes to pathogen detection.

**Keywords:** moko disease, pathogenic diversity, early diagnosis, serology test

#### INTRODUCCIÓN

La enfermedad del "Moko" causada por la bacteria *Ralstonia solanacearum*, Raza 2, es uno de los problemas fitopatológicos más limitantes en la producción de banano y plátano en Colombia. La importancia de la bacteria radica por su amplio rango de hospederos, fácil diseminación, alta variabilidad genética y fisiológica, y su exigente y riguroso control en las áreas afectadas, el cual demanda altos costos de mantenimiento por la destrucción de plantas enfermas y asintomáticas dentro de los focos de la enfermedad y durante el tiempo de la cuarentena. En la zona de Urabá se destruyen en promedio al año entre 16 y 17 hectáreas productivas y por cada planta enferma se deben destruir 9 plantas aparentemente sanas (Castañeda, y Espinosa, 2005). El objetivo de la investigación fue contribuir al conocimiento de la enfermedad mediante la colección de cepas procedentes de diversos hospederos, estudiar el comportamiento espacial y temporal de la sobrevivencia de la bacteria en tejidos vegetales y suelo bajo condiciones de campo e invernadero y evaluar la eficacia de la prueba serológica comercial Agdia® immunostrip para la detección asintomática de la enfermedad en campo.

#### MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se desarrolló durante los años 2004 y 2005. La fase de campo se desarrolló en la zona bananera de Urabá, en fincas con historial de presencia de la enfermedad. Se seleccionaron para trabajos puntuales de sobrevivencia, tres fincas ubicadas en cada una de las zonas en las que

<sup>1</sup> Centro de Investigaciones del Banano, Cenibanano- Augura Km 4 vía Carepa - Apartadó Colombia, mooba8@yahoo.es, prodriguez@augura.com.co

<sup>2</sup> Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín, masalazary@unalmed.edu.co

se divide la región de acuerdo a características agroclimáticas, las caules corresponden a zona norte, centro y sur, fincas A, B y C respectivamente.

Las pruebas de invernadero y laboratorio en el Centro de Investigaciones del Banano, CENIBANANO.

#### *Sobrevivencia de la bacteria en tejido vegetal*

Se realizaron muestreos cada 15 días y hasta que la planta enferma se descompuso en su totalidad, después de ser inyectada con herbicida Glifosato al 20% del producto comercial (dosis de 20cc a 50cc planta<sup>-1</sup> según su edad) para el control de la enfermedad. Se tomaron muestras del cormo de estas plantas para realizar en el tiempo la determinación de la sobrevivencia bacterial en tejido.

Para el trabajo de invernadero, 90 plántulas de banano cv gran enano fueron inoculadas con 5cc de una solución obtenida a partir de tejido enfermo proveniente de plantas enfermas en campo. Después de presentados los síntomas, la mitad de las plántulas se trataron con herbicida al 20% en dosis de 15 cc planta<sup>-1</sup>. Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar, con 45 plantas por tratamiento, tomando tres muestras cada 6 días, para un total de 15 muestreos destructivos para cada tratamiento durante la evaluación.

El material vegetal colectado tanto en campo como en invernadero, fue llevado al laboratorio donde se realizó la siembra en medio SMSA modificado (Granada y Sequeira, 1983; Denny y Hayward, 2001) de diluciones seriadas, seleccionando colonias individuales con las características morfológicas de la bacteria.

#### *Sobrevivencia de la bacteria en suelo*

Para la determinación de sobrevivencia espacial y temporal de la población bacteriana en el suelo, se tomaron muestras a las distancias de 1, 2,5 y 5m de la planta afectada y a profundidades alrededor de la planta enferma de 10, 30 y 50cm, cada 15 días. Tomando tres submuestras para formar una muestra por tratamiento.

Para aislar la bacteria del suelo se tomaron 10g de la muestra en 100mL de buffer fosfato de potasio (pH 7.0) estéril agitando durante 30 minutos. De esta suspensión se prepararon diluciones seriadas, tomando 200µL de las diluciones 10<sup>-3</sup> a 10<sup>-8</sup> sembrándolas en el medio selectivo.

#### *Colección de cepas de R. solanacearum*

Se seleccionaron cepas de tejidos de plantas enfermas, de malezas y de muestras de suelo, encontradas dentro de focos en fincas bananeras visitadas. Las cepas bacteriales se aislaron en los medios selectivos y estas colonias se conservaron en medio líquido y glicerol a -20°C.

#### *Detección de la bacteria con kit serológico*

El método de detección de la bacteria por serología, se realizó con el kit comercial Agdia®, immunostrip en plantas dentro de los focos seleccionados. Se tomaron 10 plantas por foco donde se incluyeron plantas enfermas y sanas, obteniendo tejido del cormo para someterlos a la prueba.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se obtuvo una colección de 150 aislamientos bacterianos con las características típicas de *R. solanacearum* en el medio semiselectivo, bacilos gram-negativos, colonias con coloración vino tinto claro con un halo dorado bien definido. Los aislamientos fueron obtenidos de tejidos de plantas de banano, plátano y malezas comunes dentro de las plantaciones.

La evaluación de la sobrevivencia temporal y espacial de la bacteria en el suelo determinó que el patógeno no logra sobrevivir por más de 5 meses en el suelo y sus poblaciones disminuyeron progresivamente a través del tiempo al eliminarse completamente las plantas en el foco detectado.

La población bacteriana se encontró en mayor población, medida como unidades formadoras de colonias (ufc), a 1m de distancia de la planta enferma y a 10cm de profundidad. Estas poblaciones se pudieron detectar solo a partir de los 30 días después del tratamiento con glifosato las cuales van disminuyendo progresivamente, encontrándose mínimas poblaciones entre los 120 y 150 días de muestreo, Figura 1.

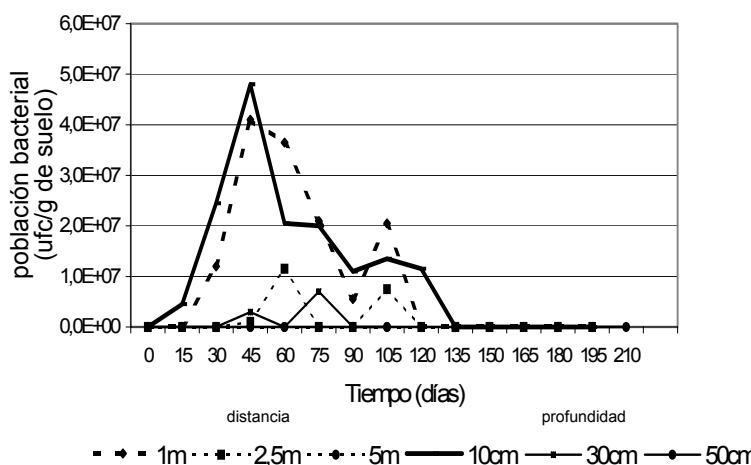


**Figura 1.** Población bacteriana (ufc/g de suelo) a 1, 2,5 y 5m de distancia de planta afectada y a 10, 30 y 50cm de profundidad en la Finca 1.

En plantas enfermas y tratadas químicamente en campo con el herbicida, se observó tejido del corno con síntomas típicos de la enfermedad hasta por 6 meses y medio, tabla 1. Esta observación permite determinar la permanencia de las poblaciones de la bacteria aún después del tiempo de cuarentena, lo cual se constituye en una fuente de inóculo en las posteriores resiembra.

**Tabla 1.** Presencia de la bacteria en tejido vegetal después de la aplicación del tratamiento químico en campo

| FINCA   | FOCO | EVALUACIÓN DESPUÉS DEL TRATAMIENTO QUÍMICO (DÍAS) |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|---------|------|---------------------------------------------------|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|         |      | 0                                                 | 15 | 30 | 45 | 60 | 75 | 90 | 105 | 120 | 135 | 150 | 165 | 180 | 195 | 210 | 125 |
| Finca A | 1    | +                                                 | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   |
|         | 2    | +                                                 | +  | +  | +  | +  | +  | +  | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   |
|         | 3    | +                                                 | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   |
| Finca B | 1    | +                                                 | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   |
|         | 2    | +                                                 | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   |
|         | 3    | +                                                 | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   | +   | -   | -   | -   | -   | -   | -   |
| Finca C | 1    | +                                                 | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   | +   | +   | +   | -   | -   | -   | -   |
|         | 2    | +                                                 | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   | +   | +   | +   | +   | -   | -   | -   |
|         | 3    | +                                                 | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | -   | -   |

En cuanto a la sobrevivencia de la bacteria en plantas de banano en invernadero, se pudo determinar que las plantas sin tratamiento con glifosato, aun con presencia de síntomas de la enfermedad, conservaron gran parte de tejido vivo por más de tres meses, obteniendo colonias típicas de la bacteria en los aislamientos realizados. En las plantas tratadas con el herbicida, se observó descomposición total del tejido a los 66 días después del tratamiento y no se obtuvo aislamiento bacteriana de las muestras evaluadas.

El método serológico ensayado para la detección de la bacteria presentó inconsistencias al momento de trabajar con plantas sintomáticas en campo. Se presentaron falsos negativos en plantas con claros síntomas de la enfermedad, indicando que la sensibilidad de la prueba no es confiable al trabajar con este patógeno en la zona de Urabá.

En una prueba puntual se seleccionaron diferentes focos evaluando 166 plantas en total, de las cuales 24 fueron sintomáticas y las 142 restantes sin síntomas visibles y cercanas a la planta afectada. Para esta prueba, el 100% de las plantas infectadas fueron detectadas con el kit y 13 de las 142 asintomáticas (9%) mostraron un resultado positivo para la prueba. La presencia de resultados positivos en plantas asintomáticas no es indicativo de una detección temprana de la enfermedad, tampoco la situación contraria, ya que esta prueba usada detecta la bacteria en tejidos que presenten

una concentración superior a  $10^6$  ufc. En el caso de que las plantas estén comenzando el proceso de infección, la baja cantidad de población bacteriana no permitiría su detección.

## CONCLUSIÓN

El tratamiento erradicante con herbicida no es suficiente en algunas zonas para eliminar la totalidad del tejido afectado en el campo, esta situación debe complementarse con las medidas de manejo de cuarentenas, eliminación de hospedantes alternos y todas las relacionadas con el manejo de la enfermedad que limiten la permanencia de la bacteria. No se detectan poblaciones bacteriales en el suelo después de 5 meses de cuarentena del foco observándose disminución significativa después de los dos meses. Las pruebas serológicas no son suficientes para determinar la presencia-ausencia de la bacteria en tejidos vegetales, como método de detección temprana no es recomendable en campo.

*Esta investigación se realizó en cofinanciación con el Instituto Colombiano para el desarrollo de la ciencia y la tecnología "Francisco José de Caldas", COLCIENCIAS.*

## BIBLIOGRAFÍA

1. CASTAÑEDA, D Y ESPINOSA, J. A. 2005. Comportamiento e impacto de la enfermedad del Moko en la zona de Urabá (Colombia), en las últimas tres décadas y media y propuesta de un índice de riesgo de la enfermedad. Rev. Fac. Nac. de Agronomía. Vol. 58 (1):2587-2599.
2. DENNY, T. P. Y HAYWARD, A.C. 2001. Laboratory guide for identification of plant pathogenic bacteria. Third edition. The American phytopathological Society. St. Paul. Minnesota. USA.
3. GRANADA, G. Y SEQUEIRA, L. 1983. survival of *Pseudomonas solanacearum* in soil, rhizosphere and plant roots. Can. Jour. Microbiol. 29: 433-440.

## SYSTEMICITY OF *Xanthomonas campestris* pv. *musacearum* IN FLOWER-INFECTED BANANA PLANTS

## SISTEMICIDAD DE *Xanthomonas campestris* pv. *musacearum* EN PLANTAS DE BANANO CON FLORES INFECTADAS

Fred Ssekiwoko<sup>1</sup>; Laban Frank Turyagyenda<sup>2</sup>; Hannington Mukasa<sup>2</sup>; Simon Eden-Green<sup>3</sup> & Guy Blomme<sup>2</sup>

### SUMMARY

*Xanthomonas campestris* pv. *musacearum* (*Xcm*) is a bacterium that causes Banana Xanthomonas wilt in East and Central Africa. The disease is primarily spread by insects that visit the male flower buds, through infected planting materials and contaminated garden tools. A study was carried out to determine the systemicity of *Xcm* after flower infection in order to correlate different disease symptoms with the movement and location of the bacterium in the banana plant. Banana tissue samples from the leaf sheaths, the true stem and the corm were taken from mother plants with different disease symptoms, and from one of the lateral shoots. The samples were taken to the laboratory for bacterial isolation. In the laboratory, inner tissues of surface sterilized samples were suspended in 1 ml of sterile distilled water to get a bacterial suspension. The suspension was serially diluted and 10µl of each dilution was plated on a Yeast Peptone Glucose Agar (YPGA) isolation media. The incubation took 5 days at 25-28°C after which observations for *Xcm* colonies were made. Results showed that flower-infected plants with male bud wilting symptoms had the bacterium confined to the upper regions of the true stem. However, the bacterium had moved down the true stem up to the base and in some plants to all plant parts including the daughter suckers (i.e. lateral shoots) for plants with decaying rachis, premature fruit ripening and other more advanced symptoms. This suggests that cutting down a flower infected plant at bud wilting stage could prevent the bacterium from reaching and affecting daughter suckers.

**Keywords:** banana xanthomonas wilt, male bud, Pisang Awak, *Xanthomonas campestris* pv *musacearum*

### RESUMEN

*Xanthomonas campestris* pv. *musacearum* (*Xcm*) es una bacteria causante del marchitamiento del banano por xantomonas. Esta enfermedad es diseminada principalmente por insectos que visitan las yemas masculinas, por materiales de siembra infectados o por instrumentos de labranza. Se llevó a cabo un estudio para determinar la sistemicidad de *Xcm* luego de infectada la flor, para correlacionar diferentes síntomas de la enfermedad con el movimiento y ubicación de la bacteria en la planta de banano. Las muestras de tejido de las vainas, del tallo verdadero y del cormo fueron tomadas de las plantas madre con diferentes síntomas de la enfermedad y una de los hijuelos adjuntos. Las muestras fueron llevadas al laboratorio para su aislamiento bacteriológico. Una vez en el laboratorio, las muestras fueron suspendidas en 1 ml de agua estéril para obtener una suspensión bacteriológica. La suspensión fue diluida en serie y se colocaron 10µl de cada dilución en un medio de aislamiento conteniendo Agar Glucosa Peptona Levadura (YPGA), incubándolas por 5 días a 25-28°C y observándolas para encontrar colonias de *Xcm*. Los resultados de este estudio mostraron que las flores infectadas con síntomas del marchitamiento de las yemas masculinas, tenían a la bacteria confinada a las regiones superiores del tallo verdadero. Sin embargo, la bacteria se movió bajando del tallo verdadero hacia la base y en algunas plantas hacia todas las partes de la misma incluyendo plantas hijas con raquis en descomposición, maduración temprana de frutos y otros síntomas más avanzados. Esto sugiere que eliminar una planta con flor infectada en la etapa de marchitamiento de la yema puede prevenir que la bacteria alcance y afecte las plantas hijas, aunque es necesario realizar estudios de campo para verificar lo anterior.

**Palabras clave:** marchitamiento del banano por xantomonas, Pisang Awak, *Xanthomonas campestris* pv *musacearum*, yema masculina

<sup>1</sup> National Agricultural Research Organization (NARO), National Banana Research Program, P. O. Box 7065, Kampala, Uganda

<sup>2</sup> International Network for the Improvement of Banana and Plantain; Eastern and Southern Africa office (INIBAP-ESA), P. O. Box 24384, Kampala, Uganda

<sup>3</sup> EG Consulting. 470 Lunsford Lane, Larkfield, Kent ME20 6JA, UK



## INTRODUCTION

The existence of *Xanthomonas campestris* pv *musacearum* (*Xcm*) was first reported in Ethiopia in 1968 (Yirgou and Bradbury 1968; 1974) and has recently spread to Uganda (Tushemereirwe *et al.*, 2003), the Democratic Republic of Congo (Ndungo *et al.*, 2004), Rwanda and Tanzania (Mgenzi *et al.*, 2006). The first visible symptom of a floral infection on banana is wilting of male bud bracts, followed by drying of the rachis, premature fruit ripening and drying, and eventually wilting and death of the entire infected plant. The disease is devastating, completely kills the plant and affects both the flowered and the non flowered plants. Infected non-flowered plants show leaf wilting and eventual death of the plant and mainly get infected through contaminated garden tools. The flowered plants infected through the inflorescence first show wilting of male bud bracts, followed by drying of the male bud and rachis, premature fruit ripening and drying, and eventually wilting and death of the whole plant. Internally, cross-sections of the pseudostems show yellow bacterial ooze, while the cross sections of the fruits show rusty brown stains. According to Tushemereirwe *et al.* (2003), these internal symptoms confirm the banana *Xanthomonas* wilt disease in Uganda since other bacterial wilts with similar symptoms don't exist.

Similar to other banana bacterial wilts (Moko, Bugtok and Blood disease), banana *Xanthomonas* wilt is primarily spread by insects, mainly bees and flies from one oozing male bud to a healthy one (Buddenhagen 1962; Tinzaara *et al.*, *in press*) and is also believed to spread by cutting garden tools (Yirgou and Bradbury 1974). Unlike Moko's *Ralstonia solanacearum*, persistence of *Xcm* in soil is not well understood. Some studies show that persistence is less than 3 months (Mwebaze *in press*) and therefore soil may not be a major source of infection. Information on the ability of *Xcm* to enter intact banana roots in soil is lacking. Being a vascular wilt disease, banana *Xanthomonas* wilt is thought to be systemic, though incomplete systemicity has sometimes been observed in banana blood disease infections (Eden-Green, 1994), a similar vascular wilt disease caused by *Ralstonia solanacearum* phylotype IV (Davis and Liberato, 2006). Some suckers (*i.e.* lateral shoots) obtained from severely infected mats were observed to grow uninfected up to bunch harvest (Davis and Liberato, 2006).

The similarity of the banana *Xanthomonas* wilt epidemiology to other banana bacterial wilts such as Moko, Blood disease and Bugtok (Buddenhagen, 1962; Eden-Green 1994; Soguilon *et al.*, 1995) led to the recommendation in East Africa of control measures used for these diseases as an emergency action before problem specific research could generate any data. The measures include timely removal of male buds with a forked stick, routine disinfection of garden tools using household bleach (NaOCl) or heating the tools in fire until the metal is too hot to touch, and cutting down and burying whole mats with disease symptoms. The destruction option was not entirely adopted by farmers due to its laborious nature. They instead cut off only the diseased plants in a mat. This is likely to pose a risk of partial control that would keep the disease incubating in corms and attached suckers. This study therefore was undertaken to determine the systemicity of the bacterium as the disease develops in a flower infected plant and to correlate different disease symptoms with the movement and location of the bacteria in the mat. This would elucidate the efficiency of cutting a single flower infected plant from the mat for the control of banana *Xanthomonas* wilt.

## MATERIALS AND METHODS

This study was carried out in Luwero, central Uganda on farmers' fields using 'Kayinja' ('Pisang Awak' - *Musa* ABB group) cultivars. Luwero has an average daily temperature of 25 C and a maximum temperature of 29 C. The climate is moist, sub humid, with a mean annual rainfall of 1,100 mm that is bi-modally distributed (March-May and September-November). Banana *Xanthomonas* wilt infected plants with different disease symptoms were purposely selected from farmers' fields. For each diseased plant selected, the disease symptom stage on the inflorescence and plant height were recorded. A total of sixty plants were sampled as follows; 15 plants had shriveling bracts, 15 plants had a decaying rachis, 15 plants had premature ripening of fruits, while 15 plants had bunch rotting/drying symptoms.

The selected mother plant was uprooted and the leaf sheaths were aseptically removed from the true stem using a knife sterilized in household bleach to avoid cross contamination. The leaves were numbered starting with the innermost. Some of the youngest innermost leaf sheaths were attached along the length of the true stem. Small sections were cut out from the true stem at 30 cm intervals. In addition, the corm and roots of the sampled mother plant and one of the attached suckers were collected. The leaf sheaths of the sampled sucker were also collected. All the samples were labeled, put into sampling bags and taken to the laboratory for bacterial isolation.

In the laboratory, each section of the true stem was surface sterilized by wiping with cotton wool soaked in 95% ethanol. A 1mm thick (approximately 10 g) transversal section was cut out from the middle of each true stem piece, chopped into small pieces and suspended in distilled sterile water to obtain bacterial suspensions. In order not to miss capturing bacteria at any point tissue pieces were obtained from across the whole transversal section of the true stem. Leaf sheaths were similarly surface sterilized and a 1mm thick section was cut at the base of each sheath and suspended in sterile distilled water to obtain a bacterial suspension. The suspensions from the true stem and leaf sheath samples were serially diluted (suspension:water, 1:9) five times. A drop of each dilution (approximately 10  $\mu$ L) was plated on an isolation medium containing Yeast (5g/l), Peptone (5 g/l) Glucose (10 g/l) and Agar (12 g/l), (YPGA) and incubated for 5 days at 25-28°C. Plates were observed for growth of *Xcm* colonies. The data on percentage true stem free of *Xcm* and the percentage of plants that were positive for presence of *Xcm* in the different leaf sheaths was analyzed using the statistical analysis system (SAS) computer software (SAS institute, 1999).

The corm and root samples from the mother plant and one of the attached suckers were carefully cleaned to remove the soil. They were then surface sterilized by soaking the parts for 3 minutes in a dilute 5.25% NaOCl solution (diluted at a ratio of 1:5). The samples were then rinsed 5 times with sterile water. Corm samples were taken from the middle part of the corm (*i.e.* halfway between the meristem or the insertion point of the true stem and the bottom part of the corm). In order not to miss capturing bacteria at any point in the corm and also to avoid cross contamination from different parts, approximately 10g sample tissue pieces were cut from across the outer cylinder, the inner cylinder and the layer of Mangin (cambium layer). They were then suspended in 1ml sterile distilled water for 30 minutes to get bacterial suspensions. The suspensions were serially diluted (suspension:water, 1:9) five times and a drop (10  $\mu$ L) of each dilution was plated. In order to limit a possible contamination from the soil, samples from these parts were plated on a semi-selective medium, 5-fluorouracil - Cephalixin Agar (FCA) containing; yeast extract (1g L<sup>-1</sup>), glucose (1g L<sup>-1</sup>), peptone (1g L<sup>-1</sup>), NH<sub>4</sub>Cl (1g L<sup>-1</sup>), MgSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O (1g L<sup>-1</sup>), K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> (3g L<sup>-1</sup>), agar (14g L<sup>-1</sup>), cephalixin (40 mg L<sup>-1</sup>), 5-fluorouracil (10mg L<sup>-1</sup>) and cycloheximide 120 mg L<sup>-1</sup>, and incubated for 5 days at 25-28°C. Plates were observed for growth of *Xcm* colonies and the obtained data on the percentage of plants that were positive for the presence of *Xcm* in the different parts were analyzed using the statistical analysis system (SAS) computer software (SAS institute, 1999).

## RESULTS AND DISCUSSION

The results for the location of *Xcm* in plants with different disease symptoms are presented in Table 1. Plants with different symptoms significantly ( $P \leq 0.05$ ) differed in true stem height from the base that was free of *Xcm*. Plants with shriveling bracts had *Xcm* restricted to the upper parts of the true stem. The results indicate that 56% of the true stem was free of *Xcm* for plants with shriveling bracts. This was significantly ( $P \leq 0.05$ ) higher than for plants with more advanced symptoms. Plants with a decaying rachis, premature ripening of fruits and whole bunch rotting/drying symptoms did not differ significantly ( $P \leq 0.05$ ) from each other for true stem height free of *Xcm* and in most cases, the bacteria had reached the base of the plant (Table 1). Although plants with decaying rachis symptoms had a mean true stem height of 10cm free of *Xcm*, this height was not significantly different from the mean height free of *Xcm* in plants with more advanced symptoms. This suggests that cutting off flower infected plants with a decaying rachis, premature fruit ripening and whole bunch rotting symptoms from the mat to prevent *Xcm* from reaching and affecting the attached suckers may not be effective. On the other hand, if plants with bract wilting symptoms are carefully cut off at the base, transmission of the bacteria from the mother plants to the suckers may be prevented.

It was also observed that as symptoms advanced, the bacterium invaded the leaf sheaths, parts of the corm of the mother plant and the attached suckers (Table 2). All plants regardless of disease development stage had *Xcm* in some part of the inflorescence stalk/true stem of the infected mother plant. None of the plants with shriveling bracts had *Xcm* in their corm, leaf sheaths or attached suckers (Table 2). The bacteria had invaded the corm and the leaf sheaths of the infected mother plants with decaying rachis, premature fruit ripening and whole bunch rotting /drying symptoms. In plants with premature fruit ripening and whole bunch rotting /drying symptoms the bacteria had reached the sucker corm. In plants with bunch rotting symptoms the leaf sheaths of the attached suckers were also infected. Plants with decaying rachis symptoms did not yet have *Xcm* in the corm tissue and leaf sheaths of the attached suckers. This suggests that although the bacteria had invaded the corm of the mother plants with a decaying rachis, it had not moved on to the attached suckers. Of all the sampled plants with bunch rotting/drying symptoms, 53% had *Xcm* in the corm tissue and 58% had *Xcm* in the

leaf sheaths of the mother plant. In addition, 21% of these plants had *Xcm* in the attached sucker corm tissue and 13% had *Xcm* in the leaf sheaths of the sampled attached suckers (Table 2). None of the plants sampled had *Xcm* in their roots.

Results further show that more plants with advanced symptoms had *Xcm* in the leaf sheaths than in the corm. According to Stover and Simmonds (1987), some leaf sheaths of a flowered plant are inserted along the length of the true stem and upper part of the corm. In addition, there is no vascular connection between the true stem and the leaf sheaths except at these insertion points. This supports the observation that more plants with advanced symptoms had bacteria in the sheaths compared to the corms (Table 2). This further suggests that as *Xcm* moves through the true stem towards the corm, it first invades the leaf sheaths attached to the true stem and upper parts of the corm before it spreads deep down into the corm.

The study on leaf sheaths also indicated that the innermost leaves had more *Xcm* than the outer leaves (Table 4). This suggests that the bacteria invade the inner younger leaf sheaths first and then proceed to the older outer ones further away from the true stem insertion point. This observation is again supported by the fact that the inner leaf sheaths are attached to the true stem and the upper part of the corm closest to the true stem (Stover and Simmonds, 1987).

More plants were observed to have bacteria in the layer of Mangin (cambium ring in the corm) compared to the corm's central cylinder or the cortex layer (Table 3). This is because *Xcm* mainly infects the vascular system. The layer of Mangin is a mass of vascular vessels/bundles with a connection to the true stem. The inner cylinder and cortex on the other hand are largely a mass of starchy parenchyma (Stover and Simmonds, 1987). *Xcm* does not seem to spread easily in these parts.

More lateral shoots had *Xcm* in their corm as compared to the leaf sheaths. This suggests that from the corm of the mother plant the bacteria proceed to the sucker corm and subsequently to the leaf sheaths of the attached suckers.

## CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS

The results indicate that *Xcm* in flower infected banana plants moves through the true stem to the leaf sheaths and corm of the mother plant. From the corm of the mother plant, the bacteria also invade the corm and the pseudostem of the attached suckers. The results also show that plants at early stages of flower infection had the bacteria restricted to the upper parts of the true stem. Therefore, cutting off flower infected mother plants at the base at the bract wilting stage should stop the bacterium from invading the corm and eventually crossing to the attached suckers. These findings, however, need to be evaluated in farmers' fields before they can be recommended for adoption by farmers.

## ACKNOWLEDGEMENTS

The authors wish to acknowledge the financial assistance from the Flemish Association for Development Co-operation and Technical Assistance (VVOB) and the Agricultural Productivity Enhancement Program (APEP-USAID) that enabled them to carry out this study.

## REFERENCES

1. Buddenhagen, I.W., and T.A. Elsasser. (1962). An insect spread bacterial wilt epiphytotic of Bluggoe banana. *Nature* 194: 164-165
2. Davis, R.I., and J.R. Liberato. (2006). Banana blood disease (*Blood disease bacterium*) Pest and Diseases Image Library. <http://www.padil.gov.au>
3. Eden-Green, S.J. (1994). Banana blood disease. *Musa* disease fact sheet No. 3. (INIBAP: Montpellier). 2p.
4. Mgenzi, S.R.B, D. Muchunguzi, T. Mutagwaba, F. Mkondo, and R. Mohamed. (2006). An outbreak of banana bacterial wilt in Muleba district, Kagera region, Tanzania. Disease report, Maruku Agriculture Research and Development Institute Tanzania
5. Mwebaze, J.M., G. Tusiime, W.K. Tushemereirwe, and J. Kubiriba. Survival of the banana bacterial wilt pathogen, *Xanthomonas campestris* pv. *musacearum* (*Xcm*) in soil and crop residues (in press).
6. Ndungo, V., K. Bakelana, S. Eden-Green, and G. Blomme. (2004). An outbreak of banana xanthomonas wilt (*Xanthomonas campestris* pv. *musacearum*) in the Democratic Republic of Congo. *InfoMusa* 13, (2) 43-44
7. SAS institute. 1999. SAS Institute Release 8.2 Inc., Cary, NC, USA.
8. Soguilon, C.E, L.V. Magnaye, and M.P. Natural. (1995). Bugtok disease of Banana. International Network for the Improvement of Banana and Plantain, *Musa* Disease fact sheet No 6.
9. Stover, R.H., and N.W. Simmonds. (1987). Bananas. 3rd Edition. Tropical Agriculture Series. Longman Scientific and Technical, New York, 486pp

10. Tinzaara, W., C.S. Gold, F. Ssekiwoko, W. Tushemereirwe, R. Bandyopadhyay, A. Abera, and S.J. Eden-Green. The possible role of insects in the transmission of banana *Xanthomonas* wilt (in press).
11. Tushemereirwe, W., A. Kangire, J. Smith, F. Ssekiwoko, M. Nakyanzi, D. Kataama, C. Musiitwa, and R. Karyaija. (2003). An outbreak of bacterial wilt on banana in Uganda. *InfoMusa* 12, 6-8.
12. Tushemereirwe, W., A. Kangire, F. Ssekiwoko, L.C. Offord, J. Crozier, E. Boa, M. Rutherford, and J. Smith. (2004). First report of *Xanthomonas campestris* pv. *musacearum* on banana in Uganda. *Plant Pathology* 53, 802.
13. Yirgou, D., and J.F. Bradbury. (1968). Bacterial wilt of Enset (*Ensete ventricosum*) incited by *Xanthomonas musacearum* sp. n. *Phytopathology* 58, 111-112.
14. Yirgou, D., and J.F. Bradbury. (1974). A note on wilt of banana caused by the enset wilt organism *Xanthomonas musacearum*. *East African Agricultural and Forestry Journal* 40, 111-114.

Table 1: Location of *Xcm* in the true stem (measurements taken from the base of the plant).

| Disease development stage   | Plant height(cm)<br>(mean $\pm$ se) | Percentage true stem free of<br><i>Xcm</i><br>(mean $\pm$ se) |
|-----------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| Shriveling bracts           | 341 $\pm$ 77 <sup>a</sup>           | 56 $\pm$ 35 <sup>a</sup>                                      |
| Decaying rachis             | 364 $\pm$ 46 <sup>a</sup>           | 10 $\pm$ 23 <sup>b</sup>                                      |
| Premature ripening          | 368 $\pm$ 70 <sup>a</sup>           | 0 <sup>b</sup>                                                |
| Whole bunch rotting /drying | 352 $\pm$ 58 <sup>a</sup>           | 0 <sup>b</sup>                                                |

Values in columns with the same letter are not significantly different at  $P \leq 0.05$

Table 2: Percentage of plants with *Xcm* in the different parts of infected 'Kayinja' plants assessed at different disease development stages.

| Disease development stage   | N° of<br>plants<br>assessed | % plants with <i>Xcm</i> |              |      |       |                 |              |
|-----------------------------|-----------------------------|--------------------------|--------------|------|-------|-----------------|--------------|
|                             |                             | Mother plant             |              |      |       | Attached sucker |              |
|                             |                             | True stem                | Leaf sheaths | Corm | Roots | Corm            | Leaf sheaths |
| Shriveling bracts           | 15                          | 100                      | 0            | 0    | 0     | 0               | 0            |
| Decaying rachis             | 15                          | 100                      | 33           | 33   | 0     | 0               | 0            |
| Premature fruit ripening    | 15                          | 100                      | 50           | 33   | 0     | 13              | 0            |
| Whole bunch rotting /drying | 15                          | 100                      | 58           | 53   | 0     | 21              | 13           |

Table 3: Percentage of plants with *Xcm* in the different corm parts of infected 'Kayinja' plants assessed at different disease development stages

| Part of corm             | % plants with <i>Xcm</i> |                 |                          |                            |
|--------------------------|--------------------------|-----------------|--------------------------|----------------------------|
|                          | Shriveling bracts        | Decaying rachis | Premature fruit ripening | Whole bunch rotting/drying |
| Cambium ring of mother   | 0                        | 33              | 33                       | 36                         |
| Inner cylinder of mother | 0                        | 21              | 0                        | 27                         |
| Cortex of mother         | 0                        | 8               | 0                        | 20                         |
| Corm of sucker           | 0                        | 0               | 13                       | 21                         |

Table 4: Percentage of plants with *Xcm* in the different leaf sheaths of infected 'Kayinja' plants assessed at different disease development stages.

| Leaf sheath number                | % plants with <i>Xcm</i> |                 |                          |                            |
|-----------------------------------|--------------------------|-----------------|--------------------------|----------------------------|
|                                   | Shriveling bracts        | Decaying rachis | Premature fruit ripening | Whole bunch rotting/drying |
| Leaf sheath 1 of the mother plant | *                        | *               | *                        | *                          |
| Leaf sheath 2 of the mother plant | 0                        | 33              | 50                       | 50                         |
| Leaf sheath 3 of the mother plant | 0                        | 20              | 27                       | 50                         |
| Leaf sheath 4 of the mother plant | 0                        | 20              | 27                       | 33                         |
| Leaf sheath 5 of the mother plant | 0                        | 0               | 25                       | 18                         |
| Leaf sheath 6 of the mother plant | 0                        | 33              | 25                       | 36                         |
| Leaf sheath 7 of the mother plant | 0                        | 0               | 0                        | 18                         |
| Leaf sheath 8 of the mother plant | 0                        | 0               | 0                        | 0                          |
| Leaf sheath 9 of the mother plant | 0                        | 0               | 0                        | 0                          |
| Leaf sheaths of the sucker        | 0                        | 0               | 0                        | 13                         |

\*part not sampled



## CONTROLE DA BROCA-DO-RIZOMA DA BANANEIRA COM *Beauveria bassiana* EM SANTA CATARINA

### BANANA WEEVIL BORER CONTROL WITH *Beauveria bassiana* IN SANTA CATARINA

Honório Francisco Prando<sup>1</sup>

#### RESUMO

*Cosmopolites sordidus* é considerado o principal inseto-praga da bananicultura, reduzindo a produtividade e obrigando o bananicultor a utilizar medidas de controle. Os sintomas do ataque de *C. sordidus*, em bananeiras, são observados externamente pelo aspecto da planta, cujas folhas amarelecem, os cachos apresentam desenvolvimento reduzido, havendo debilidade generalizada das plantas com tendência a produzir pencas pequenas e mal formadas. O inseto causa danos direta e indiretamente à bananeira atacada. Diretamente por abrir galerias nos rizomas e partes inferiores do pseudocaule, destruindo os tecidos internos, e indiretamente por abrir portas para entrada de doenças fúngicas e bacterianas. A maioria dos bananicultores ainda fazem o controle deste inseto praga com inseticidas químicos. Sendo poucos os que utilizam o fungo entomopatogênico, *Beauveria bassiana*, em iscas, destinadas ao controle da broca-da-bananeira. Neste relato são apresentadas técnicas de confecção de iscas para a utilização do fungo entomopatogênico *B. bassiana*, a viabilidade da utilização deste fungo, sua produção em laboratório, as vantagens e desvantagens, bem como as perspectivas do seu incremento na utilização em larga escala.

Palavras chaves: *Cosmopolites sordidus*, controle biológico, moleque-da-bananeira, fungo entomopatogênico

#### SUMMARY

*Cosmopolites sordidus* is the most severe banana crops insect-pest, causing reduced productivity and demanding control measures. The symptoms of banana weevil borer attack in banana plants are yellowish leaves and under-sized bunch, and a general debilitation of the plants, which thus tend to produce small and ill-formed hands. This insect can cause direct damage to the plants, such as the destruction of internal tissues by opening galleries in the rhizomes and lower parts of the pseudo-stem, and indirect damage, due to fungi and bacteria that enter the plants through those galleries. In most cases the control is by chemical insecticides, and the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* is rarely used in baits. This paper discusses the techniques for the utilization of baits with *B. bassiana*, the viability of use of this agent for insect control, its production in the laboratory, the advantages and disadvantages of its use, as well as the perspectives for the increment of the utilization in large scale.

Keywords: *Cosmopolites sordidus*, biological control, entomopathogenic fungus

#### Importância Econômica e níveis de danos

Conforme FONSECA (1936), os primeiros sintomas do ataque de *Cosmopolites sordidus* são observados externamente pelo aspecto da planta, cujas folhas amarelecem e os cachos apresentam desenvolvimento reduzido. CHAMPION (1968) assinala como sintomas da predação do inseto, uma debilidade generalizada das bananeiras e sua tendência a produzir pencas pequenas e mal formadas. *C. sordidus* é considerada a principal praga da bananicultura, reduzindo a produtividade e obrigando o produtor a utilizar medidas de controle, as quais aumentam o custo de produção e contribuem para a poluição do agroecossistema (Arleu & Neto 1984). Os prejuízos são causados pelo inseto durante a fase jovem (larva), a qual destrói os tecidos internos do rizoma e a parte inferior do pseudocaule. A praga causa danos direta e indiretamente à bananeira atacada. Diretamente por abrir galerias nos rizomas e partes inferiores do pseudocaule, destruindo os tecidos internos. Os danos indiretos são devidos ao favorecimento da ação de microorganismos e veiculando agentes patogênicos, como por exemplo, *Fusarium oxysporium*, agente causador do "mal do Panamá" (Fonseca, 1936) e (Suplicy e Sampaio, 1982). GALLO *et al.* (1988) também acrescentam como prejuízos indiretos do *C. sordidus*, a queda das bananeiras por falta de resistência à ação do vento. Mattos & Simão (1967), citados por REIS & SOUZA (1986), afirmam que os bananais paulistas podem sofrer até 80% de quebra da safra devido à alta população de brocas. Estima-se que a produtividade de um bananal é reduzida em 30%

<sup>1</sup>Estação Experimental de Itajaí/Epagri Eng. Agrônomo, MsC. Dr/Entomologia hfprando@epagri.rct-sc.br



sempre que forem encontrados dez insetos adultos por isca atrativa (Moreira 1971). Estes dados são confirmados por Arleu & Neto (1984).

Segundo GALLO *et al.* (1988), uma bananeira com 12 larvas sofre perda quase total, e é comum quebra de 20 a 50% da produção em locais infestados.

O nível de danos está muito relacionado com o estado nutricional da planta. Um bananal tecnicamente conduzido suporta uma população maior da praga do que um bananal mal conduzido.

### **Avaliação da necessidade de controle**

Atualmente poucos agricultores utilizam o fungo entomopatogênico, *B. bassiana*, em iscas, destinadas ao controle da broca-da-bananeira. Antes de executar qualquer medida de controle, o agricultor deverá fazer um levantamento (monitoramento) do inseto-praga para saber se realmente é necessário adotar medidas de controle. Quando um bananal apresentar, em média, cinco ou mais insetos (adultos da broca-da-bananeira) por isca do tipo queijo-modificada adota-se o controle. O monitoramento requer que o agricultor faça no mínimo 20 iscas do tipo queijo-modificada, bem distribuídas num hectare. Contar os insetos que estão sob as iscas aos 7 dias e aos 15 dias depois de confeccionadas as iscas. Se o número total de insetos, das duas contagens, ultrapassar a 100 o agricultor deverá adotar uma medida de controle (Prando e Ferreira, 2004).

### **Controle com *Beauveria bassiana***

Se o controle for com *Beauveria bassiana* sugere-se que se confeccione aproximadamente 100 iscas do tipo queijo-modificada, conforme descrito adiante, por hectare por mês. Coloca-se em torno de 20 gramas da massa fúngica sobre a parte fixa da isca. Em seguida, a parte superior da isca é reposta de tal maneira que o fungo fique bem distribuído entre as duas partes. Esta medida de controle deverá ser realizada mensalmente, em novas iscas, até que a população do moleque-da-bananeira seja reduzida, em média, a menos que três insetos por isca. Quando isso ocorrer o tratamento poderá ser suspenso temporariamente. As iscas são feitas a partir de planta cujos frutos já foram colhidos, podendo ser do tipo “queijo”, “telha”, e mais recentemente do tipo “queijo-modificada”. A isca tipo “telha” é constituída de pedaços de pseudocaule de 50 cm de comprimento, cortados ao meio longitudinalmente, colocando-se a face cortada do pseudocaule em contato com o solo, ao lado das touceiras previamente limpas. A isca do tipo “queijo” constitui-se de uma seção cilíndrica, do pseudocaule, de 10-15 cm de altura, superposta ao próprio pseudocaule, rebaixado a 15 cm do solo. Segundo PRANDO e FERREIRA (2004) a isca do tipo “queijo-modificada” constitui-se de uma seção cilíndrica de uma bananeira que já foi colhido o cacho, no máximo duas semanas após a colheita. A seção horizontal é realizada com ferramenta bem afiada a 15 cm do solo e logo após, decepta-se a parte remanescente do pseudocaule no sentido horizontal o mais próximo do solo possível para atingir obrigatoriamente parte do rizoma da bananeira. A massa fúngica é distribuída uniformemente na superfície do rizoma, e a parte superior (pseudocaule) é reposta sobre esta, cobrindo a massa fúngica. Observou-se a campo que a massa fúngica de *B. bassiana* evidenciava um aspecto de crescimento mais exuberante sob as iscas do tipo “queijo-modificada”. Supostamente, há um comportamento diferenciado no crescimento miceliano e na produção de conídios de *B. bassiana* em diferentes tipos de iscas (Prando *et al* 1995).

### **Experimentos realizados na Estação Experimental de Itajaí (EEI) Epagri**

Objetivando estudar alguns aspectos de comportamento do fungo *B. bassiana* quando associado às iscas confeccionadas a partir de pseudocaule e do rizoma (tipo queijo-modificada), realizaram-se experimentos no laboratório de Entomologia da EEI – Epagri, em 1993. Os resultados evidenciaram que a seiva de rizoma da bananeira, em meio de cultura, proporciona um incremento no número de conídios de *B. bassiana* 3,5 vezes superior ao obtido com o meio de aveia. As médias do tratamento com seiva de rizoma foram significativamente superiores aos demais tratamentos na produção de conídios. Avaliando-se as médias de conidiogênese de cada isolado de *B. bassiana* observa-se que todos os isolados diferiram significativamente entre si. Sendo o potencial de inóculo (os conídios) um dos aspectos mais importante da utilização de *B. bassiana* no controle de pragas, infere-se que o isolado com maior produção de conídios tenha maior potencial do que os demais isolados testados. Os resultados deste estudo mostram que a seiva do rizoma e do pseudocaule da bananeira tem um efeito positivo no crescimento miceliano e na produção de conídios de *B. bassiana*. Ficou também evidente que a seiva de rizoma da bananeira adicionada no meio de cultura proporciona crescimento miceliano e produção de conídios bem superior do que o meio de cultura com seiva de pseudocaule ou simplesmente com o meio de cultura puro. Infere-se, portanto, que a aplicação de *B. bassiana* tenha maior crescimento miceliano e maior conidiogênese em isca do tipo

“queijo-modificada”, onde o fungo entomopatogênico entra em contato direto com o rizoma da bananeira, encontrando ali um meio mais favorável para a produção de conídios, permanecendo mais tempo na isca e determinando um controle mais eficaz e duradouro do moleque-da-bananeira. A seiva do rizoma proporcionou um significativo incremento tanto no crescimento miceliano quanto na produção de conídios. Isto sugere que a aplicação de *B. bassiana*, para o controle de *C. sordidus*, em isca do tipo “queijo-modificada” tem mais sucesso do que quando aplicada em iscas confeccionadas do pseudocaule. Além disso a seiva do rizoma da bananeira pode ser acrescentada em meio de cultura para incrementar o número de conídios na produção de *B. bassiana* em laboratório.

### Procedimentos adotados em Santa Catarina

A produção experimental de *Beauveria bassiana*, no laboratório da Estação Experimental de Itajaí – Epagri, teve início em 1989. A partir de 1991 iniciou-se a produção artesanal objetivando o controle de adultos da broca-do-rizoma da bananeira junto com os agricultores de Santa Catarina. Da produção artesanal de *B. bassiana*, no laboratório da Epagri, à utilização no campo seguem-se os seguintes passos: a) caracterização do isolado; b) preparação de inóculo inicial em meio de cultura BDA; c) realização de bioensaios para testar a eficácia do isolado; d) reisolar o fungo do hospedeiro testado; e) preparar o inóculo em tubos de ensaio (pré-matrizes) com meio BDA; f) preparar as matrizes em frascos Erlenmeyers (250 ml) com 60 g de arroz de boa qualidade e 15 ml de água destilada, autoclavar durante 30 min. a 120 °C; g) inocular as matrizes, transferindo-se com alça de platina uma pequena porção de conídios (cerca de  $10^8$  conídios/matriz) procedente da pré-matriz, em câmara de fluxo laminar; h) transportar os Erlenmeyers inoculados para BOD a 26 °C  $\pm$  1; i) preparar o saco de polipropileno (35cm de comprimento por 22cm de largura, 0,1mm de espessura) com 500 g de arroz e 110 ml de água destilada, autoclavar durante 20 min. a 120 °C. j) deixar resfriar em câmara de fluxo laminar e inocular aproximadamente 3 g de arroz com fungo/saco ( $8 \times 10^9$  conídios) procedente das matrizes. Os sacos são fechados, mexidos para misturar os conídios com o arroz, transportados para a sala de germinação e crescimento com temperatura de 27 °C  $\pm$  2, e colocados um ao lado do outro em prateleiras; k) decorridos 2 a 3 dias selecionar os sacos com crescimento uniforme de micélio e eliminar os contaminados e/ou sem crescimento; l) aproximadamente após 10 dias da inoculação o fungo está pronto para ser utilizado; m) o arroz com *B. bassiana* é levado para o campo na embalagem original (sacos de polipropilenos) e aplicado em isca tipo “queijo-modificada”. Nenhum processo de peneiramento ou moagem é procedido ao fungo. Esta isca é altamente atrativa para os adultos da broca do rizoma e propicia o crescimento miceliano e conidiogênese de *B. bassiana*. Atualmente em Santa Catarina o controle microbiano de *C. sordidus* é realizado com a utilização de aproximadamente 1000 kg de *B. bassiana* por mês produzido em meio de cultura arroz. Utilizando-se, em média, 100 iscas/ha com 20 a 25 g de arroz com *B. bassiana*/isca ( $2,5 \times 10^{10}$  conídios/isca). O moleque-da-bananeira é atraído pela isca para se alimentar e realizar a postura, e entrando em contato com o fungo que está na isca, ele se contamina e vem a morrer posteriormente, em tempo menor ou maior, dependendo do grau de contaminação (infecção).

### Considerações finais sobre o controle microbiano do moleque-do-rizoma com *Beauveria bassiana*:

#### a) Vantagens

*Beauveria* não é veneno, mas é um inseticida biológico que afeta algumas espécies de insetos que se contaminam com o mesmo. O fungo pode ser armazenado em freezer. A seletividade, no controle do moleque-da-bananeira, deve-se à metodologia de aplicação, em iscas, pois somente os adultos da broca são atraídos nestas iscas. O método de aplicação, além de não atingir espécies benéficas de insetos, não contamina o ambiente e não é tóxico aos aplicadores. Não deixa resíduos no produto agrícola e pode ser utilizado na produção orgânica de banana. É produzido em Santa Catarina com tecnologia e matéria-prima catarinenses, pelo aproveitamento da biodiversidade. O controle é eficiente e persistente. Ao longo do tempo, dois a três anos, a dose pode ser reduzida pela metade ou mais.

#### b) Desvantagens

Não elimina os insetos de imediato. O controle é lento. O fungo produzido artesanalmente não pode ser armazenado em prateleiras. Depois que atinge seu crescimento máximo, em meio de cultura, deve ser aplicado imediatamente.

### c) Perspectivas

O controle microbiano do moleque-da-bananeira com *Beauveria bassiana* tende a aumentar em Santa Catarina tanto em áreas mais tecnificadas (produção integrada), como em áreas de produção orgânica de banana e principalmente em áreas onde os bananicultores estão tomando consciência de produzir com menor impacto ambiental (Prando e Ferreira 2004). Espera-se que dentro de curto prazo (dois a três anos) indústrias do setor privado se instalem na região com o objetivo de produzir formulações de fungos e outros microorganismos entomopatogênicos para o controle de insetos-praga.

### BIBLIOGRAFIA

1. ARLEU, R. J.; NETO, S. S. Broca da bananeira *Cosmpolites sordidus* (Germ.,1824) (Coleoptera: Curculionidae). Turrialba, v. 34, n. 3, p. 359-367, 1984.
2. CHAMPION, J. El Plátano. Barcelona: Ed. Blume, 1968. 147 p.
3. FONSECA, J. P. A broca da bananeira. *Biológico*, São Paulo, v. 2, n. 2, p. 56-61, 1936.
4. GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA-NETO, S.; CARVALHO, R. P. L.; BATISTA, G. C.; BERTI-FILHO, E.; PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A.; ALVES, S. B.; VENDRAMIM, J. D. Manual de entomologia agrícola. 2. ed. São Paulo: Ceres, 1988. 649 p.
5. MOREIRA, R. S. A broca da bananeira. *Correio Agrícola*, São Paulo, n. 1, p. 10-12, 1971.
6. PRANDO, H. F.; FERREIRA, R. A. Broca-do-rizoma da bananeira. In SALVADORI, J.R.; ÁVILA, C.J.; SILVA, M.T.B. da (Ed.). *Pragas de solo no Brasil*. Passo Fundo, RS: Embrapa Trigo; Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste; Cruz Alta: Fundacep Fecotrigo, 2004. Cap. 11, p.319-343. il.
7. PRANDO, H. F.; FERREIRA, R. A.; SANTOS, H. R. dos. Efeito da seiva da bananeira no crescimento miceliano e na conidiogênese de *Beauveria bassiana*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 15., 1995, Caxambu, MG. Resumos... Lavras: SEB; ESAL, 1995. p. 288.
8. REIS, P. R.; SOUZA, J. C. Principais pragas da bananeira. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v. 133, p. 45-55, jan. 1986.
9. SUPPLY FILHO, N.; SAMPAIO, A. S. Pragas da bananeira. *O Biológico*, São Paulo, v. 48, n. 7, p. 169-182, 1982.

## DEVELOPMENT OF CONTROL STRATEGIES AGAINST THE BANANA WEEVIL *Cosmopolites sordidus* IN NIGERIA

## DÉVELOPEMENT DES STRATÉGIES DE LUTTE CONTRE LE CHARANÇON NOIR DES BANANIERS *Cosmopolites sordidus* AU NIGERIA

Vincent Chukwuemeka Umeh<sup>1</sup> & Daniel Onukwu<sup>1</sup>

### SUMMARY

The banana weevil, *Cosmopolites sordidus* Germ. has been identified as the most damaging insect pest of banana and plantain in Nigeria. The banana weevil together with some diseases reduce yield and drive many farmers away from banana production. In order to restore farmers' confidence in continued production of banana and plantain, a trial was conducted to assess the efficacy of some affordable control options against the banana weevil *C. sordidus* in Nigerian agriculture. The trials were laid out in split plot and arranged in randomized complete block design with three replications. Two varieties of plantain (Agbagba and Red Ogoni), and two varieties of improved banana (TMPX 5295 and TMPX 7152-2) constituted the main plot, while treatment combinations of chlorpyrifos insecticide (at 480ml a.i. ha<sup>-1</sup>), neem *Azadirachta indica* A. Juss. leaf mulch (at 1kg plant<sup>-1</sup>) and cured poultry manure (at 2kg plant<sup>-1</sup>) made up the sub-plots. Results showed that in both the main and the ratoon crops, plants treated with chlorpyrifos insecticide or mulched with neem leaves had significantly ( $P<0.05$ ) lower mean number of larvae in their corms (maximum mean of 0.2 and 0.3 adults plant<sup>-1</sup> respectively) or adult in pseudostem traps placed close to them (maximum mean of 0.3 and 0.5 larvae plant<sup>-1</sup> respectively) than the control plants ( $\geq 1.0$  respectively). There was no significant ( $P>0.05$ ) difference between the populations of the various developmental stages of weevils observed in chlorpyrifos-treated and mulched plants. Use of varieties of genotype AAA reduced adult and larval populations of the banana weevil with significant ( $P<0.05$ ) effect when compared with the variety Red ogoni (*Musa* AAB) especially in the ratoon crop. Plots treated with chlorpyrifos + manure or those treated with neem mulch + manure had significantly ( $P<0.001$ ) higher yields compared to other treatments.

**Keywords:** *Azadirachta indica*, leaf mulch, poultry manure, pseudostem traps, ratoon

### RÉSUMÉ

Le charançon de banane, *Cosmopolites sordidus* Germ. est identifié comme insecte nuisible le plus endommageant de banane et banane plantain au Nigéria. Le charançon de banane et des autres maladies réduisent les rendements et empêchent beaucoup des cultivateurs à continuer avec la production des bananiers. Afin de restaurer la confiance des cultivateurs et soutenir la production des bananiers, un essai a été conduit pour évaluer l'efficacité de quelques options de lutte abordables aux cultivateurs nigériens contre le charançon de banane *C. sordidus*. L'essai a été établi dans un dispositif de split arrangés en blocs complets et randomisés. Deux variétés de banane plantain (Agbagba et Red Ogoni), et deux variétés de banane améliorée (TMPX 5295 et TMPX 7152-2) constituaient les parcelles principales, lors que les combinaisons de traitements insecticides chlorpyrifos (à 480ml de matières actives ha<sup>-1</sup>), le paillis de feuilles de neem *Azadirachta indica* A. Juss (à 1 kg plante<sup>-1</sup>) et le fumier de volaille (à 2 kg plante<sup>-1</sup>) constituaient les parcelles secondaires. Les résultats ont montré que dans la culture principale (premier cycle) ainsi que les rejêts (culture de deuxième cycle), les plantes traitées à l'insecticide chlorpyrifos ou couvertes de paillis de feuilles de neem avaient significativement ( $P<0.05$ ) abaissé le nombre moyen de larves dans leurs bulbes (moyens maximaux de 0,2 et 0,3 adultes plante<sup>-1</sup> respectivement) ou les adultes dans les pièges de pseudo-tronc placés aux pieds des bananiers (moyens maximaux de 0,3 et 0,5 larves plante<sup>-1</sup> respectivement) que les plantes sans traitement (moyen minimal de 1 individu plante<sup>-1</sup> respectivement). Il n'y avait pas de différence significatif ( $P>0,05$ ) entre la population des divers stades de development des charançons observée dans les parcelles traitées à l'insecticide et celle des plant dans les parcelles avec les paillis de neem. L'utilisation des variétés de génotype AAA a réduit la population des adultes et larves du charançon de banane significativement ( $P<0.05$ ) en comparaison

<sup>1</sup>National Horticultural Research Institute (NIHORT), PMB 5432, Idi-Ishin, Jericho Reservation Area, Ibadan, Nigeria. E-mail: vumeha@yahoo.com

à la variété Red Ogoni (Musa AAB), surtout sur les plantes de la deuxième cycle. Les parcelles traitées avec chlorpyrifos + le fumier ou paillis de neem + le fumier avaient des rendements significativement ( $P < 0.001$ ) plus hauts que les autres traitements.

## INTRODUCTION

Plantain cultivation is constrained by problems of pests and diseases. In Nigeria, farmers often ignore these problems; instead they contented themselves with whatever yields that are obtained due to ignorance of control options or lack of financial resources to apply control measures. When the yields are unacceptably low, some farmers quit plantain cultivation. This has led to dwindling number of farmers involved in the production of plantain and low annual outputs in Nigeria. The banana weevil, *Cosmopolites sordidus* Germ. has been identified as the most prevalent insect pest of banana and plantain (Gold *et al.*, 1997; 2001; 1994). The larvae consume plantain corms and pseudostems and their damage contribute significantly to stand toppling and yield losses. The problem can be accentuated by damages caused by other pests and diseases, and wrong agronomic practices (Hemeng *et al.*, 1996; Sikora *et al.*, 1989). Banana weevil attack can be severe in newly planted fields where they cause high mortality of suckers, although weevil problems are most prevalent in ratoon crops (Lescot, 1988; Rukazambuga, 1996). Due to the nocturnal and secretive nature of the adult weevils, and the tunneling of larvae into rhizomes and pseudostem tissues, control seem to be difficult (Jones, 2000; Treverrow, 1993), especially when conventional pesticides are beyond the reach of peasant farmers. These damages limit smallholder and export productions in many sub-Saharan African countries (Rukazambuga, 1996). Therefore, pest control options to be recommended to farmers must be affordable, readily available and easily adoptable. It is increasingly being realized that plants such as the neem *Azadirachta indica* A. Juss manufacture and store chemical substances that protect plants from insects, bacteria, fungi and viral attacks (Schmutterer, 1990). These potentials have been variously applied in crop protection with successful results. To develop cheap and adoptable banana weevil control options for small scale plantain and banana farmers, the effects of variety, minimal insecticide use, cultural practices such as the use of neem mulch and manure on the population of banana weevils on banana and plantain were investigated.

## MATERIALS AND METHODS

The trial was laid out as a split-plot and arranged in randomized complete block design in September 2003 at the National Horticultural Research Institute, Ibadan, Nigeria ( $3^{\circ} 50' E$ ,  $7^{\circ} 30' N$ ). Two varieties of plantain namely 'Agbagba' and 'Red Ogoni' (both of genotype AAB), and bananas TMPX 5295 and TMPX 7152-2 (genotype AAA) were used as the main plots. Treatment combinations made up of applications of chlorpyrifos insecticide (at  $480 \text{ ml a.i. ha}^{-1}$ ), neem leaf mulch (at  $1 \text{ kg plant}^{-1}$ ) and cured poultry manure (at  $2 \text{ kg plant}^{-1}$ ) constituted the sub-plots. Plantain plots without any treatment application were also maintained as control. The sub plot treatments were: (i) five applications of neem leaf mulch at monthly intervals + two applications of manure at six month intervals per crop (ii) three applications of chlorpyrifos at two month intervals + two applications of manure at six month intervals per crop (iii) Two applications of manure at six month interval per crop (iv) five applications of neem mulch at monthly intervals per crop (v) three applications of chlorpyrifos at two month intervals per crop and (vi) the control without treatments. Each treatment was replicated three times to give a  $4 \times 6 \times 3$  factorial trial and a total of 72 plots. Transplanted maiden suckers were produced from meristem culture; and thus were free from pests and diseases. Each plot had nine plantain stands separated by 2m intervals. All treatment applications were started two weeks after transplanting in the first crop and at six weeks after sprouting for the ratoon crop. Plots were hand-weeded at monthly interval for five months followed by weeding at three months interval (Swennen, 1990). Observations on banana weevil populations were made at 14 day intervals using the "split pseudostem trap technique". Three stands in the middle row of each plot were sampled throughout the study period (2003 – 2005). Numbers of male and female weevils were added together per trap. Corms of sampled plants were dissected at maturity (i.e. after harvest) to assess the presence and number of banana weevil larvae. Banana weevil populations and crop yields were assessed for both the main and first ratoon crops.

All data were subjected to ANOVA and means of significant tests were separated using Student Newman Keuls test. Correlation and regression analyses were conducted between yields and the number of larvae and adult weevils found on the plants. All tests were judged significant at  $P=0.05$ .



## RESULTS AND DISCUSSION

In both main crop and first ratoon crop, significantly lower numbers of adult weevil (maximum mean of 0 and 0.1 plant<sup>-1</sup> respectively) were observed on traps placed near plantain treated with chlorpyrifos insecticide compared to the untreated control with or without manure application (minimum mean of 0.9 and 1.8 weevils plant<sup>-1</sup> respectively) (Table 1). However, the number of adult weevils present in chlorpyrifos-treated plantains in both crops was not significantly lower than that of mulched plantain (maximum mean of 0.3 plant<sup>-1</sup>). Observations made on dissected corms at plant maturity revealed the presence of significantly higher number of banana weevil larvae in the untreated plants compared to those that received chlorpyrifos + manure applications. The number of weevil larvae observed in the chlorpyrifos-treated plants was not significantly different from that of plants treated with neem mulch. However, the latter observation was significantly different from the control and most distinct in the ratoon crop than the main crop (Table 1). These findings corroborate earlier research works on the effect of chlorpyrifos insecticide and neem leaf mulch on the banana weevil (Umeh and Onukwu, 2002). Similarly, Fogain and Ysenbrandt (1995) obtained some level of control by dipping suckers in crushed neem seed solution. Although neem seed is reported to be more potent than the leaves due to higher level of active ingredients in them (Schmutterer, 1990), leaves can easily be obtained at all period of the year in sub Saharan Africa and application can be increased several times per crop to increase potency (Ganesalingam, 1987).

Table 1. The effects of treatment combinations and varieties of banana and plantain on the population of banana weevil *Cosmopolites sordidus*.

| Parameters Assessed   | Mean no. of adult weevil/plant |                        | Mean no. of weevil larvae/plant |                        |
|-----------------------|--------------------------------|------------------------|---------------------------------|------------------------|
|                       | Main crop                      | 1 <sup>st</sup> ratoon | Main crop                       | 1 <sup>st</sup> ratoon |
| <b>Treatments</b>     |                                |                        |                                 |                        |
| Chlorpyrifos          | 0 c                            | 0.1 b                  | 0.2 bc                          | 0.3 b                  |
| Neem mulch            | 0.3 bc                         | 0.5 b                  | 0.2 bc                          | 0.3 b                  |
| Chlorpyrifos + manure | 0 c                            | 0.3 b                  | 0 c                             | 0.1 b                  |
| Neem mulch + manure   | 0.2 bc                         | 0.2 b                  | 0.2 bc                          | 0.3 b                  |
| Manure                | 0.6 ab                         | 0.8 ab                 | 0.8 ab                          | 0.5 b                  |
| Control               | 1.0 a                          | 1.8 a                  | 1.1 a                           | 1.2 a                  |
| <b>Varieties</b>      |                                |                        |                                 |                        |
| Red Ogoni             | 0.5 a                          | 0.7 a                  | 0.6 a                           | 0.8 a                  |
| Agbagba               | 0.4 a                          | 0.6 ab                 | 0.3 b                           | 0.4 b                  |
| TMX 7152              | 0.2 a                          | 0.3 b                  | 0.3 b                           | 0.3 b                  |
| TMX 5295              | 0.2 a                          | 0.3 b                  | 0.3 b                           | 0.2 b                  |

Means in the column with the same letters are not significantly ( $P>0.05$ ) different using Student Newman Keuls multiple range test.

Varieties TMX 5295 and TMX 7152 (genotypes AAA) had lower mean numbers of *C. sordidus* than Red Ogoni and Agbagba (Musa AAB) in the main crop, but these were not significantly different. In the first ratoon crop, however, significantly lower number of adult and larvae of the weevils were observed in the AAA genotype bananas than in Red Ogoni plantain (genotype AAB). Although no significant difference was observed between the number of weevils in Agbagba plantain and the bananas, Agbagba had comparatively higher number of weevils. This agrees with the other findings that Musa AAA are less susceptible to the banana weevils than Musa AAB (Gold et al., 2001; 1994). The interaction of treatment and variety significantly ( $P<0.05$ ) reduced weevil population in the ratoon crop.

Analysis of variance (ANOVA) showed that both variety and treatments significantly ( $P<0.0001$ ) affected productivity (combined yields of mother plant and ratoon crop). Among the plantains, significantly ( $P<0.001$ ) higher mean bunch weight was obtained in Agbagba variety (42.626 t ha<sup>-1</sup>) compared to Red Ogoni (26.983 t ha<sup>-1</sup>), while banana variety TMX 5295 had significantly ( $P<0.001$ ) higher mean bunch weight (71.55 t ha<sup>-1</sup>) than TMX 7152 (32.881 t ha<sup>-1</sup>) (Fig. 1).

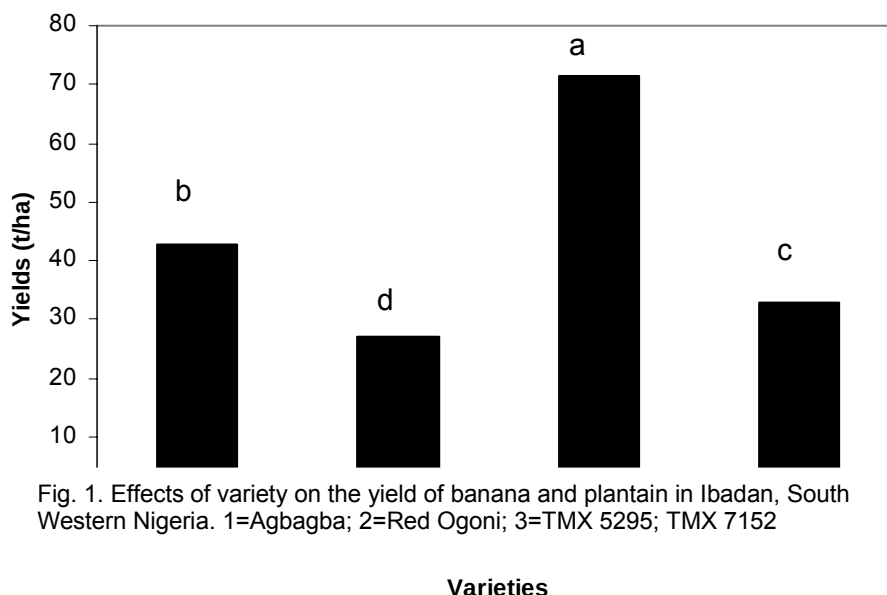


Fig. 1. Effects of variety on the yield of banana and plantain in Ibadan, South Western Nigeria. 1=Agbagba; 2=Red Ogoni; 3=TMX 5295; TMX 7152

Plants in plots treated with chlorpyrifos in addition to cured poultry manure and plots given neem mulch in addition to cured poultry manure had significantly higher bunch weight ( $\geq 54.033 \text{ t ha}^{-1}$ ) than all other treatments ( $\leq 41.602 \text{ t ha}^{-1}$ ) (Fig. 2). The presence of manure in the treatments contributed to yield increase by augmenting the fertility of the soil. Similarly, neem mulch acted as insecticide as well as manure (Ganesalingam, 1986) and therefore may have added to soil fertility. This is further buttressed by the lower yields obtained in plots without manure or mulch. The interaction of variety and treatment also significantly ( $P < 0.001$ ) affected the productivity of plantain and banana. Correlation analyses showed that yields were negatively correlated with the population of adult and larvae of *C. sordidus* present in the plots ( $r = -0.323$  and  $-0.287$  respectively;  $n = 54$ ;  $P < 0.05$ ). Multiple regression analysis also showed a significant negative relationship between the yields and populations of adult and larvae of *C. sordidus* ( $R^2 = 0.11$ ;  $n = 54$ ;  $t = 18.5$ ;  $P < 0.05$ ). Although the numbers of weevils encountered during the trials were not very high, the presence and effect of weevil damage seem to be more drastic in some plots than in others, especially the untreated ones. Yield reduction has been reported to result due to infestation by weevils (Fogain & Ysenbrandt, 1995), because their damages weaken the plant system and affect normal plant functions.

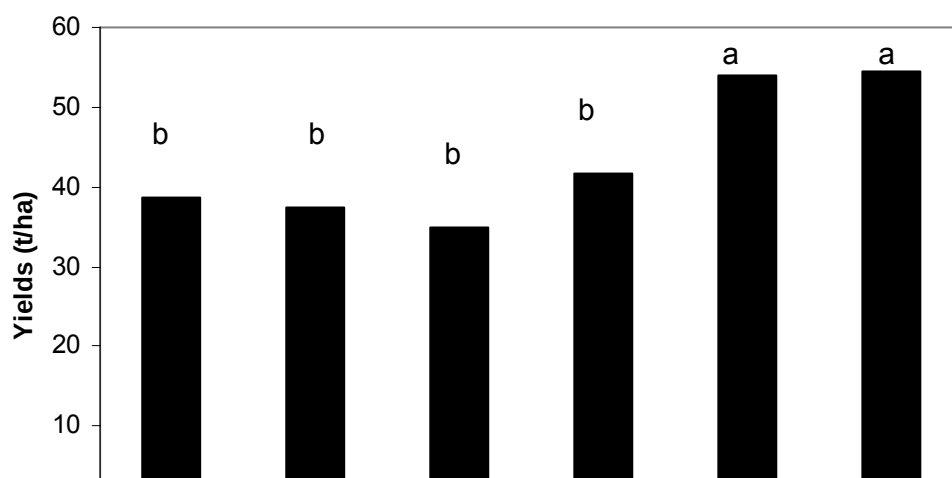


Fig. 2. Effect of *Cosmopolites sordidus* control options on the yield of banana and plantain in Ibadan, South Western Nigeria. Mu=Mulch; Chl=Chlorpyrifos; Ma=Poultry manure.

## CONCLUSION

1. Application of chlorpyrifos or neem mulch reduced banana weevil population and increased yields especially when manure was combined in the treatments.
2. The performance of insecticide and mulch was further enhanced by varietal effect, with the bananas being less susceptible to weevil attack than the plantains.
3. The effects of the treatments were most pronounced at ratoon stage.

## BIBLIOGRAPHY

1. Fogain, R. and Ysenbrandt, H. 1995. Efficiency of neem (*Azadirachta indica*) against *Cosmopolites sordidus* in First international congress on plantain for Africa, Kampala, Uganda. (Abstract).
2. Ganesalingam, V. K. 1987. Proceedings of the Third International Neem Conference July 10 – 15, 1986, Nairobi, Kenya (H. Schumutterer H. and K. R. S. Ascher Eds.) pp. 95-100.
3. Gold, C.S., Okech, S.H. and Ssendege, R. 1997. Banana weevil population densities and related damage in Ntungamo and Mbarara districts, Uganda. Pp. 1207-1219 in African Crop Science Conference Proceedings (E. Adipala, J.S. Tenywa & M.W. Ogenga-Latigo, eds.). Makerere University, Kampala, Uganda.
4. Gold, C. S., Peña, J. E. and Karamura, E. B. 2001. Biology and integrated pest management for the banana weevil *Cosmopolites sordidus* (Germar) *Integrated Pest Management Reviews* 6: 79 – 213.
5. Gold, C.S., Speijer, P.R., Karamura, E.B. and Rukazambuga, N.D. 1994. Assessment of banana weevils in East African highland banana systems and strategies for control. Proceedings of Banana Nematode/Borer Weevil Conference. Kuala Lumpur, 18-22 April 1994 INIBAP, Los Baños, Philippines (R.V. Valmayor, R.G. Davide, J.M. Stanton, N.L. Treverrow & V.N. Roa, eds.) pp 170-190.
6. Hemeng O.B., Banful, B. and Twimasi, J.K. 1996. Plantain production in Ghana. Pp.39-42 in Plantain and Banana : production and research in West and Central Africa (R. Ortiz and M.O. Akoroda, eds.). Proceedings of a regional workshop held at High Rainfall Station, Onne, Rivers State, Nigeria. IITA, Ibadan, Nigeria.
7. Jones, D. R. 2000. Diseases of banana, abacá and enset. CABI Publishing, Wallingford, Oxon, UK. 544 pp.
8. Lescot, T. 1988. Influence de l'altitude sur les populations du charançon des bananiers (*Cosmopolites sordidus* Germar). *Fruits* 43:433-437.
9. Rukazambuga, N.D.T.M. 1996. The effects of banana weevil (*Cosmopolites sordidus* Germar) on the growth and productivity of bananas (*Musa* AAA EA) and the influence of host vigour on attack. Unpublished PhD Thesis, University of Reading, Reading, UK. 249 pp.
10. Schumutterer, H. 1990. Properties and potentials of natural pesticides from the neem tree. *Annual review of Entomology* 35: 271 – 298.
11. Sikora, R.A., Bafokuzara, N.D., Mbwana, A.S.S., Oloo, G.W., Uronu, B. and Seshu Reddy, K.V.. 1989. Interrelationship between banana weevil, root lesion nematode and agronomic practices and their importance for banana decline in the United Republic of Tanzania. *FAO Plant Protection Bulletin* 37:151-157.
12. Swennen, R. 1990. Plantain cultivation under West African conditions: A reference manual. International Institute of Tropical Agriculture. p. 5.
13. Treverrow, N.L. 1993. An integrated management program for banana weevil borer. Final Report HDRC Project Number Fr/0012/RO. 40 pp.
14. Umeh, V. C. and Onukwu, D. 2002. Proceedings of the Annual Conference of Horticultural Society of Nigeria (HORTSON) May 14 – 17 2002, NIHORT, Ibadan (V. C. Umeh and J. A. Fagbayide Eds.) pp. 181–184

***Diolcogaster* sp. (Hymenoptera: Braconidae: Microgastrinae) PARASITOIDE DE *Antichloris viridis* DRUCE (Lepidoptera: Arctiidae), DEFOLIADOR DEL PLÁTANO, VENEZUELA<sup>1</sup>**

***Diolcogaster* sp. (Hymenoptera: Braconidae: Microgastrinae) PARASITOID OF *Antichloris viridis* DRUCE (Lepidoptera: Arctiidae), DEFOLIATOR OF PLANTAIN, VENEZUELA.**

Oscar Enrique Domínguez-Gil<sup>2</sup>; Raúl Armando Ramírez-Mendez<sup>2</sup>; María Esther Burgos-Rojas<sup>3</sup> & Eleodoro Andrés Inciarte-Martínez<sup>2</sup>

### SUMMARY

*Antichloris viridis* Druce larvae were collected from plantain (*Musa* AAB, sub-group plantain cv. Hartón) in Zulia state, Venezuela since May 1999 until October 2005. *Diolcogaster* sp. (Braconidae: Microgastrinae) (identified by Dr. Paul M. Marsh, USA) was recovered as the only primary parasitoid of larvae. The rate of parasitism was 20.2% (68 larvae parasitized of 337 larvae collected).

**Keywords:** Natural enemies, larvae, pest.

**Palabras Clave:** Enemigos naturales, Gusano mota del cambur, Larvas, Plaga.

### INTRODUCCIÓN

Siendo el plátano (*Musa* AAB, cv. Hartón) el frutal más importante en Venezuela, es urgente la necesidad de realizar estudios sobre los enemigos naturales de las principales plagas que permitan sentar las bases de un programa de manejo integrado de plagas en contraposición al uso unilateral de control químico por parte de los agricultores, al no contar con otras alternativas de control. El gusano mota del cambur, *Antichloris viridis* Druce, 1884 es la más importante plaga defoliadora del plátano y banano, desde Guatemala hasta Ecuador. A pesar de ser *A. viridis* el defoliador más importante del plátano en el sur y este del Lago de Maracaibo, donde está concentrada la mayor producción del cultivo en Venezuela (más de 50 000 ha), se conocen muy pocos parasitoides de esta plaga (Domínguez *et al*, 1999). El objetivo de la presente investigación fue realizar la identificación taxonómica de *Diolcogaster* sp. enemigo natural de *Antichloris viridis* Druce defoliador del cultivo plátano en el occidente de Venezuela.

### MATERIALES Y MÉTODOS

Doce plantaciones comerciales fueron muestreadas en tres de los más importantes municipios donde se cultiva plátano en Venezuela, desde Mayo 1999 hasta Octubre 2005. El clima en los municipios Francisco Javier Pulgar y Colón se caracterizan por tener una temperatura promedio anual de 28 °C, humedad relativa de 82,7%, precipitación de 1 313,8 mm/año. El municipio Baralt se caracteriza por tener temperatura media anual de 27,4 °C, precipitación de 1 320 mm/año. Los diferentes instares colectados fueron criados en jaulas entomológicas en el laboratorio de Manejo Integrado de Plagas en Plátano de la Unidad Técnica Fitosanitaria de la Facultad de Agronomía de La Universidad del Zulia, a una temperatura promedio de 29 °C y una humedad relativa de 50%, (Ramírez *et al*, 2003). El adulto de *Diolcogaster* sp. fue identificado por Paul M. Marsh, Research Entomologist, Systematic Entomology Laboratory, United States Department of Agricultura, USA en el 2004.

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

*Diolcogaster* sp. fue recuperado como único parasitoide primario de larvas de *A. viridis* defoliador del cultivo plátano (figura 1 y 2) en los tres municipios muestreados del occidente de Venezuela. De un total de 337 larvas colectadas, 68 parasitoides emergieron, para una tasa promedio de parasitismo de 20,2% en seis años y cinco meses. Se presenta la tabla 1 donde se muestran solamente las fechas de las colectas donde se obtuvo el parásito y los porcentajes de parasitismo de *Diolcogaster* sp. en larvas de *A. viridis*. En la unidad de producción Santa Bárbara, municipio Colón fue donde se encontró

<sup>1</sup> Proyecto financiado por el Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico (CONDES).

<sup>2</sup>Unidad Técnica Fitosanitaria (UTF), Instituto de Investigaciones Agronómicas, Facultad de Agronomía, La Universidad del Zulia. Maracaibo, Zulia, 4005, Venezuela. e-mail: ramirezraul@cantv.net, odominguez@cantv.net.

<sup>3</sup>T.S.U: Agrícola, Asistente de Investigación.

el mayor número de parasitoides, de 140 larvas colectadas 43 resultaron parasitadas, para un porcentaje de parasitismo de 32,1%.



**Figura 1. Larva de *A. viridis* parasitada y pupa de *Diolcogaster* sp**



**Figura 2. Adulto de *Diolcogaster* sp**

Tabla 1. Unidades de Producción (UP), fecha de colección, tamaño de muestra y porcentaje de parasitismo de *Diolcogaster* sp. en larvas de *A. viridis* colectadas de plátano (*Musa* AAB, cv. Hartón) en el occidente de Venezuela.

| UP            | Fecha de Colección | *Nº LC | *Nº LP | *% LP |
|---------------|--------------------|--------|--------|-------|
| San Benito    | 26/III/02          | 1      | 1      | 100   |
| San Benito    | 02/V/02            | 5      | 1      | 20    |
| San Benito    | 06/VII/02          | 1      | 1      | 100   |
| CIPLAT        | 14/XII/99          | 63     | 3      | 4,76  |
| CIPLAT        | 22/II/02           | 7      | 3      | 42,86 |
| El Manantial  | 09/I/04            | 35     | 7      | 20    |
| El Manantial  | 21/II/04           | 10     | 3      | 30    |
| El Conuco     | 03/IV/04           | 1      | 1      | 100   |
| El Conuco     | 06/VIII/04         | 3      | 2      | 66,67 |
| El Conuco     | 03/IV/04           | 1      | 1      | 100   |
| El Conuco     | 06/VIII/04         | 3      | 2      | 66,67 |
| Santa Bárbara | 09/I/04            | 69     | 10     | 14,49 |
| Santa Bárbara | 21/II/04           | 36     | 20     | 55,56 |
| Santa Bárbara | 03/IV/04           | 8      | 3      | 37,5  |
| Santa Bárbara | 06/VIII/04         | 6      | 4      | 66,67 |
| Santa Bárbara | 17/IV/05           | 3      | 1      | 33,33 |
| Santa Bárbara | 24/X/05            | 18     | 5      | 27,78 |

\* Nº LC: Número de larvas colectadas de *A. viridis*,

\* Nº LP: Número de larvas parasitadas de *A. viridis*,

\*% LP: Porcentaje total de larvas de *A. viridis* parasitadas por *Diolcogaster* sp.

En el laboratorio pudimos observar que *Diolcogaster* sp. parasita las larvas de *A. viridis* desde los primeros estados larvarios. La larva del parásito completa su ciclo, sale y pupa fuera del huésped (figura 1).

## CONCLUSIONES

*Diolcogaster* sp. (Braconidae, Microgastrinae) fue recuperado como el único parasitoide primario de larvas de *A. viridis*

## REFERENCIAS

- Domínguez O, Ramírez R, Liscano O, Vilchez M, Urdaneta R. 1999. Rev Fac Agron (LUZ) 16:1:95-101.
- Ramírez R., O. Domínguez, E. Inciarte, M. Burgos. 2003. Rev ENTOMOTROPICA 18(3): 169-175.



**RELATIVE SUSCEPTIBILITY OF *Musa* GERMPLASM AGAINST BANANA CORM WEEVIL,  
*Cosmopolites sordidus* GERM. (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE)**

**SUSCETIBILIDADE RELATIVA DE GERMOPLASMA DE *Musa* À BROCA-DA-BANANEIRA,  
*Cosmopolites sordidus* GERM. (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE)**

B. Padmanaban<sup>1</sup>; S.Uma<sup>1</sup> & S.Sathiamoorthy<sup>1</sup>

**SUMMARY**

*Musa* germplasm was evaluated against banana corm weevil using leaf sheath. Results indicates that none of the accessions are resistant /tolerant to corm weevil. Germplasm accessions belong to genomic groups AA and AAB indicated moderately resistant to corm weevil

Keywords: pests, germplasm evaluation, screening

**INTRODUCTION**

Banana is one of the important fruit crops with an estimated total world production of 82 million tones (Karamura, 1998). In India, banana ranks first in production to the extent of 18million tones in an area of 4 lakh hectare. Banana corm weevil, *Cosmopolites sordidus* and Stem weevil, *Odoiporus longicollis* are the key pests causing considerable loss. Host plant resistance is one of the important aspects to be considered for IPM of banana weevils. Considerable work has been done in screening diverse *Musa* germplasm for weevil resistance in Africa and Asia (Fogain & Prince, 1994; Pavis and Lamaire, 1997; Kiggundu *et.al*; 1999; 2003; Padmanaban *et.al*; 2001) whereas, laboratory screening method for germplasm evaluation against corm weevil, *C.sordidus* is very meager .The reason behind the lack of well defined methodology for screening of *musa* germplasm against corm weevil is due to the following reasons: i. Want of germplasm material (corm ) for screening due to non-availability of sufficient material to be spared by the Scientists, ii. Lack of mass culturing method to get large numbers of weevils for the study, iii. There is difficulty in quantification of corm weevil (adult and grub) feeding due to moisture loss and fungal infection.

**MATERIAL AND METHODS**

Keeping in view of the above said difficulties a new method of screening was developed using banana leaf sheath as a test material and corm weevil adult as a test insect, to over come the problems.

Sixty five accessions (Table No. 1 ) from the *musa* gene bank at National Research Centre for Banana were screened under laboratory conditions adapting the rapid screening procedure .A 30 cm long leaf sheaths were provided for weevil feeding and the feeding damage was assessed for 10 days .The leaf sheaths were examined for damage and observations were recorded.

The percent age area damage (PSAD)  $= (I d / t) * 100$ , where Id –leaf sheath area damage, total leaf sheath area.

Based on the feeding damage caused by corm weevil the PSAD values ranged from 1 to 53 and the damage score has been recognized into 5 categories, which are as follows:

- 0- Highly resistant
- 1-5 Resistant
- 6-10 Moderately resistant
- 11-15 Susceptible
- >15 Highly susceptible

**RESULTS AND DISCUSSION**

The following genomic groups AA (10) AB (6), BB 98), AAA (6), AAB (13 ), ABB (18 ), AAAA/AAAB (4) were evaluated against banana corm weevil, *Cosmopolites sordidus* under laboratory conditions using banana leaf sheath as a test material (Table No.8, Fig.1 &2 ).

<sup>1</sup> National Research Centre for Banana  
Thayanur (Post), Tiruchirapalli -620 102 India  
Email: bpadmanaban@rediffmail.com

Based on the above developed method, none of the germplasm accessions falls under the category highly resistant or resistant categories. Out of the 23 accessions, 9.23 per cent of the germplasm accessions belong to genomic groups AA and AAB indicated moderately resistant to corm weevil as per PSAD values (Table No. 1 & 2) where as 26.14, 38.46 and 26.14 per cent accessions were moderately susceptible, susceptible and highly susceptible categories respectively.

Among the triploids belong to genomic group AAA, accessions Nos.039, 013 and 0633 are moderately susceptible to corm weevil and others are susceptible and highly susceptible (Table No. 3).

Among the AAB genomic group the cultivars Viz., Acc. Nos. 0294, 0297 and 0292 are moderately resistant to corm weevil having PSAD values of 6.94 to 9.05 (Table No. 5). Where as highest PSAD value of 22.71 was recorded in Acc.no. 0418.

ABB genomic group (n=18) evaluated revealed moderately susceptible to highly susceptible to corm weevil as per PSAD values, it was ranged from 10.23 to 26.56 (Table No. 6).

*Musa* diploids belong to BB falls under category highly susceptible and susceptible categories (Table No. 7) having a PSAD values ranging from 16.67 to 30.39.

In order to compare the feeding damage caused by grub on corm and adult weevil on leaf sheath an experiment was conducted under laboratory conditions, by separately allowing weevil, grub on cultivar Robusta. The feeding damage in corm and leaf sheath was comparable.

## CONCLUSION

The present investigation reveals that the germplasm evaluation method using leaf sheath as a test material can be used as a preliminary screening method. The weevils are more attracted to pseudostem than to corm material, but oviposition was greater on the later. This indicates that the Olfactory cues were most important in host location while chemoreception place an important role in host acceptance (Cuille, 1950). Therefore, the leaf sheath can be used as a test material for germplasm screening and further the short listed accessions can be tested using corm material for the resistant sources.

## ACKNOWLEDGEMENT

Thanks are due to Director, Head (Crop Protection) for constant guidance and Field man for technical assistance.

## REFERENCES

1. Cuille, J 1950 Recherches sur le charancon du bananier. Institut de Fruits et Agrumes Coloniaux. Serie Technique No. 4. Paris. 225pp.
2. Fogain, R, Price NS (1994). Varietal screening of some *Musa* cultivars for susceptibility to the banana weevil, *Cosmopolites sordidus* (Coleoptera : Curculionidae). *Fruits* 49:247-251.
3. Gold, C.S. , Speiger, P.R., Karumara, E.B and Rukazambuga, N.D (1994) Assessment of banana weevils in East African highland banana system and strategies for control In : Valmayor,R.V ., R.G. Davide, J.M. Stanton, N.L. Treverrow and V.N. Rao (eds.) *Proc. of Banana nematode/Borer weevil conference, Kuala Lumpur, 18-22 April 1994*, pp 170-190 Los Banos, Philippines.
4. Kiggundu, A. Gold CS, Labuschagne M, Vuylsteke D, Louw SVD (2003) Level of host plant resistance to banana weevil, *Cosmopolites sordidus* (Germar) (Coleoptera:Curculionidae) in African *Musa* germplasm. *Euphytica* 133:267-277.
5. Kiggundu, A, Vuylsteke D, Gold CS (1999) Recent advances in host plants resistance to banana weevil, *Cosmopolites sordidus* (Germar) In: Frison, E.A., Gold C.S., Karumara, E.B., Sikora, R.A., (Eds.), Mobilizing IPM for sustainable banana production in Africa *Proceedings of a workshop on banana IPM* held in Nelspruit, South Africa. 23-28<sup>th</sup> November 1998. INIBAP, Montpellier, France, pp. 87-96.
6. Padmanaban, B. Uma, S. and S.Sathiamoorthy 2004 Susceptibility of *Musa* germplasm to the banana stem weevil, *Odoiporus longicollis* *Proceedings of International congress on musa: harnessing research to improve livelihoods* 6-9 July 2004
7. Padmanaban, B. and S.Sathiamoorthy 2001 Banana stem weevil, *Odoiporus longicollis* (Oliv.) (Curculionidae: Coleoptera) *Musa* Pest Fact Sheet No.5 INIBAP, France
8. Padmanaban, B. Sundararaju, P. Velayudhan, K.C and Sathiamoorthy, S. (2001) Evaluation of *Musa* germplasm against banana weevil borers *Infomusa* 10:26-28
9. Pavis C, Lemaire, L (1997) Resistance of *Musa* germplasm to the banana borer weevil, *C.sordidus* (Germar) *Infomusa* 5:3-9.

Table 1. Relative Susceptibility of *Musa* diploids (AA) to corm weevil, *Cosmopolites sordidus*

| S.No | Acc.No | Name         | PSAD                           | Remarks |
|------|--------|--------------|--------------------------------|---------|
| 1    | 0441   | Ramban       | 40.47 <sup>a</sup><br>(39.39)* | HS      |
| 2    | 0381   | Karimkadali  | 33.43 <sup>a</sup><br>(35.21)* | HS      |
| 3    | 0383   | Erachivazhai | 22.50 <sup>b</sup><br>(28.21)  | HS      |
| 4    | 0208   | Anaikomban   | 19.41 <sup>b</sup><br>(26.01)  | S       |
| 5    | 0195   | Pisang lilin | 18.65 <sup>b</sup><br>(25.46)  | S       |
| 6    | 0185   | Namarai      | 17.43 <sup>b</sup><br>(24.55)  | S       |
| 7    | 0380   | Tongat       | 16.50 <sup>b</sup><br>(23.81)  | S       |
| 8    | 0425   | Kanai Bansi  | 7.93 <sup>c</sup><br>(16.31)   | MR      |
| 9    | 021    | Hatidat      | 7.0 <sup>c</sup><br>(15.28)    | MR      |
| 10   | 0635   | Pisang mas   | 7.66 <sup>c</sup><br>(15.05)   | MR      |

HS – Highly susceptible

S – Susceptible

MR – Moderately Resistant

## EFEITO DO ENSACAMENTO E DE PRODUTOS QUÍMICOS SOBRE PRAGAS DO CACHO DE BANANA CAVENDISH

### EFFECT OF BUNCH COVERS AND CHEMICALS ON PEST DAMAGE IN CAVENDISH BANANAS

Luiz Alberto Lichtemberg<sup>1</sup>; Robert Harri Hinz<sup>1</sup>; Henri Stuker<sup>2</sup>; Ilhane Terezinha Marcon<sup>3</sup> & José Salvador<sup>3</sup>

#### RESUMO

No Litoral Norte de Santa Catarina os cachos de banana vem sendo atacados por diversas pragas que depreciam os frutos, restringindo a comercialização do produto. Com o objetivo de testar formas de controle para estas pragas foram realizados dois experimentos. Os tratamentos constaram do ensacamento dos cachos com sacos de polietileno, com e sem inseticidas (chlorpyrifos ou bifentrina) impregnados, antecidos ou não de pulverizações com carbaril. Todos estes tratamentos, aplicados antes e depois da abertura das brácteas, foram comparados a uma testemunha sem ensacamento e a um tratamento com o ensacamento precoce com sacos impregnados com um produto repelente. A ocorrência de pragas no verão 2005/2006 foi insignificante e irregular, não permitindo a análise dos resultados, com exceção do tripses-da-erupção (*Frankliniella* sp.). O controle do tripses-da-erupção só foi conseguido quando o ensacamento foi precoce, logo após o lançamento da inflorescência, antes da abertura das brácteas, e quando os sacos eram impregnados com bifentrina ou com chlorpyrifos ou quando os cachos foram pulverizados com carbaril antes do ensacamento. O número de lesões do tripses-da-erupção por área da casca, aumentou das primeiras para as últimas pencas do cacho.

Palavras Chave: Pragas, entomologia, ensacamento, controle integrado, *Frankliniella*.

#### SUMMARY

Two experiments were carried out to evaluate biological damage control, in Cavendish bananas, in North Coast of Santa Catarina State, Brasil. The experiments tested kinds of polyethylene bunch covers, with or without impregnated insecticides (chlorpyrifos or bifenthrin) and carbaryl spray before the bagging, in Cavendish bananas. The treatments were applied in two bunch development stages, at the flower emergence, before the first female bract fall off, and soon after the total female bracts fall off. These treatments were compared to the no bagging treatment and to earlier bagging with repellent impregnated covers. Flowers trips (*Frankliniella* sp.) damage was reduced by difenthrine and chlorpyrifos impregnated covers and by carbaryl spray, only when used soon after the flower emergence. The effect of the treatments on the others fruit pests wasn't evaluated, besides the irregular or absent pest occurrence.

Keywords: management, pests, fruit quality.

#### INTRODUÇÃO

No Sul do Brasil é crescente a demanda por bananas de boa qualidade. Em Santa Catarina, importante abastecedor deste mercado, a ocorrência de pragas do cacho tem prejudicado a qualidade da fruta. Nos climas tropicais, nas épocas mais frias, os cachos permanecem nas plantas por mais de seis meses (Lichtemberg et al., 1996). Desta forma, os frutos ficam expostos ao ataque de pragas por um longo período.

Por muitos anos o tripses-da-erupção, as lagartas comedoras de casca e a presença de ninhos de aves foram os principais causadores de danos, por agentes biológicos, em Santa Catarina. Na última década o ácaro-da-ferrugem e o tripses-da-ferrugem tornaram-se pragas importantes. Nos últimos quatro anos a presença de ninhos de formigas, o ataque de uma espécie de traça-do-fruto e a ocorrência de algumas espécies de cochonilhas passaram a ser fatores de depreciação do produto no campo.

<sup>1</sup> Engenheiro Agrônomo, MSc, pesquisador da Epagri/Estação Experimental de Itajaí. E-mail: licht@epagri.rct-sc.br e robert@epagri.rct-sc.br

<sup>2</sup> Engenheiro Agrônomo, PhD, estatístico da Epagri/EEI. E-mail: stuker@epagri.rct-sc.br

<sup>3</sup> Engenheiro Agrônomo, extensionista, Epagri/EMA Luís Alves, E-mail: salva@epagri.rct-sc.br e ilhane@epagri.rct-sc.br

Heenan (1973) observou a ausência de danos de insetos e de aves em cachos protegidos por sacos de polietileno. Johnson (1975) atribuiu a redução de danos por afídios, tripses, lepidópteros e coleópteros ao uso de sacos de polietileno impregnados com clorpirifos. Soto (1992) relatou que o controle de pragas do cacho pelo ensacamento com bolsas impregnadas com inseticidas tornou-se usual na bananicultura centro-americana. Lichtemberg (1996) relatou a redução de danos das lagartas dos frutos, de ninhos de aves e da abelha-arapuá em cachos protegidos por sacos de polietileno. Lichtemberg et al. (1998) detectaram estes mesmos efeitos e verificaram, também o efeito do ensacamento e das pulverizações com carbaril sobre a redução dos danos do ácaro-da-ferrugem e do tripses da ferrugem. Por outro lado, Robinson e Nel (1982 e 1984) observaram um aumento dos danos do tripses-da-ferrugem e do ácaro-da-ferrugem sob cachos ensacados, embora Lichtemberg et al. (1998) tenham observado o contrário, sob sacos de polietileno impregnados ou não com inseticida. Possivelmente, o efeito do ensacamento sobre estas pragas está ligado a presença ou não da praga no momento do ensacamento. Com o estabelecimento anterior da praga, os sacos passam a ser um fator favorável ao seu desenvolvimento, por a protegerem das chuvas e de inimigos naturais. Lichtemberg et al. (1998) observaram o controle do tripses-da-erupção quando sacos de polietileno impregnados com clorpirifos foram aplicados sobre inflorescências, antes da abertura das brácteas. Arias de López et al. (2000) observaram este mesmo efeito com sacos de polietileno impregnados com friponil, enquanto Gómez e Romero (2002) o obtiveram com sacos de polietileno impregnados com bifentrina. Gómez e Romero verificaram também o controle de *Colaspis sp.* (Coleóptera) e de *Pseudococcus* com aquele tratamento.

O presente trabalho foi conduzido com o objetivo de testar o efeito de sacos de polietileno impregnados ou não com inseticidas e de pulverizações, aplicados antes e depois da abertura das brácteas, sobre a ocorrência de danos de pragas em frutos de banana Cavendish.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Foram conduzidos dois experimentos no período de primavera-verão, nas condições subtropicais do Litoral Norte de Santa Catarina. O primeiro experimento foi conduzido no município de Itajaí, SC, Brasil, na Estação Experimental da Epagri (latitude 27° 00' S, longitude 48° 40' O), com cachos lançados em novembro e dezembro de 2005. Neste experimento foram utilizados os dez tratamentos da tabela 1 em um bananal da cultivar Grande Naine, em sete repetições de quatro cachos cada uma. O segundo experimento foi realizado na localidade de Laranjeiras, município de Luís Alves (...S, ...O), com cachos lançados em novembro e dezembro de 2005. Neste experimento foram utilizados os tratamentos um a nove da tabela 1, em um bananal da cultivar Nanicão, com quatro repetições de quatro cachos cada uma. No tratamento 1 os cachos não foram ensacados. Nos tratamentos 2 e 3 os sacos utilizados não continham inseticidas. Nos tratamentos 4 e 5, com carbaril os cachos foram pulverizados antes do ensacamento com uma calda de Sevin 480 SC na concentração de 25ml do produto comercial para 1º litros de água. Nos tratamentos 6 e 7 foram utilizados sacos impregnados com 1% de clorpirifos. Nos tratamentos 8 e 9 foram utilizados sacos impregnados com 0,1% de bifentrina. No tratamento 10 foram utilizados sacos impregnados com 1% do repelente REPPR-1. Nos nove primeiros tratamentos os sacos tinham as dimensões de 75X160 cm e no tratamento 10 tinham as dimensões de 80x140 cm.

Tabela 1. Tratamentos utilizados. Itajaí e Luís Alves, SC, Brasil, Epagri/EEI, 1995.

| Número | Nome               | Inseticida  | Aplicação   | Estágio do cacho               |
|--------|--------------------|-------------|-------------|--------------------------------|
| 1      | Testemunha         | -           | -           | -                              |
| 2      | Saco Tardio        | -           | -           | Após queda das brácteas        |
| 3      | Saco Precoce       | -           | -           | Antes da abertura das brácteas |
| 4      | Sevin Tardio       | carbaril    | pulverizado | Após queda das brácteas        |
| 5      | Sevin Precoce      | carbaril    | pulverizado | Antes da abertura das brácteas |
| 6      | Pyritilene Tardio  | clorpirifos | impregnado  | Após queda das brácteas        |
| 7      | Pyritilene Precoce | clorpirifos | impregnado  | Antes da abertura das brácteas |
| 8      | Biflex Tardio      | bifentrina  | impregnado  | Após queda das brácteas        |
| 9      | Biflex Precoce     | bifentrina  | impregnado  | Antes da abertura das brácteas |
| 10     | Repelente          | REPPR-1     | impregnado  | Antes da abertura das brácteas |

Em cada repetição foram utilizados cachos de plantas homogêneas quanto à época da floração e ao perímetro do pseudocaule. Na colheita, os cachos dos dois experimentos, foram desmembrados em pencas, contando-se o número de frutos por penca e anotando-se a presença de danos, da primeira até a última penca. Foram avaliados os seguintes danos por mil frutos: por ninho de roedores, por



ninho de aves, por ninho de formigas, por lesmas, por lagartas comedoras de casca, por traças-do-fruto, por abelha-arapuá, por ácaro-da-ferrugem e por tripes-da-ferrugem, segundo Lichtemberg et al. (1998). Estas avaliações foram feitas, contando-se o número de frutos danificados em cada penca, que depois de somados eram divididos pelo número total de frutos do cacho e multiplicados por dez. A presença de cochonilhas foi avaliada pela contagem do número de insetos vivos no total das pencas do cacho. O dano do tripes-da-erupção foi avaliado pela contagem das lesões, chamadas erupções, numa área de 2,85cm<sup>2</sup> no ponto de maior concentração de lesões do fruto central da linha externa de frutos de cada penca, segundo Lichtemberg et al. (1998).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não ocorreram danos por ninho de roedores, por lesmas nem por abelha-arapuá, nos dois experimentos. Os danos por ninho de aves, por ninho de formigas, por lagartas comedoras de casca, por traças-do-fruto, por ácaro-da-ferrugem, por tripes-da-ferrugem e por cochonilhas foram insignificantes ou de ocorrência irregular, não permitindo a análise estatística, conforme pode ser observado nas tabelas 2, 3 e 4. A ocorrência de danos por ninho de aves foi importante no tratamento 1, sem ensacamento, e no tratamento 10, onde o saco era mais curto que os demais. Nos outros tratamentos, este problema só ocorreu em cachos cujos sacos se rasgaram, durante o período do estudo. O tratamento 4, com pulverização de carbaril em cachos com todas pencas abertas, apresentou manchas e queimaduras nos frutos, possivelmente devido ao calor na época das pulverizações.

Tabela 2. Efeito dos tratamentos sobre a ocorrência de frutos danificados por ninho de aves, lagartas comedoras de casca e traças-do-fruto, por milheiro, em banana Cavendish. Itajaí e Luís Alves, SC, Brasil, Epagri/EEI, 1996.

| Número | Tratamentos<br>Nome | Ninho de aves |          | Lagartas |          | Traças |          |
|--------|---------------------|---------------|----------|----------|----------|--------|----------|
|        |                     | Itajaí        | L. Alves | Itajaí   | L. Alves | Itajaí | L. Alves |
| 1      | Testemunha          | 51            | 19       | 5        | 2        | 0      | 5        |
| 2      | Saco Tardio         | 0             | 6        | 1        | 0        | 0      | 2        |
| 3      | Saco Precoces       | 5             | 0        | 6        | 4        | 0      | 2        |
| 4      | Sevin Tardio        | 0             | 8        | 0        | 0        | 0      | 1        |
| 5      | Sevin Precoces      | 3             | 0        | 0        | 0        | 0      | 7        |
| 6      | Pyritilene Tardio   | 0             | 3        | 0        | 0        | 0      | 2        |
| 7      | Pyritilene Precoces | 0             | 0        | 0        | 1        | 0      | 6        |
| 8      | Biflex Tardio       | 0             | 4        | 0        | 0        | 0      | 0        |
| 9      | Biflex Precoces     | 0             | 0        | 0        | 0        | 0      | 0        |
| 10     | Repelente           | 23            | -        | 0        | -        | 0      | -        |

Tabela 3. Efeito dos tratamentos sobre a ocorrência de frutos danificados por ninho de formigas, ácaro-da-ferrugem e tripes-da-ferrugem, por milheiro, em banana Cavendish. Itajaí e Luís Alves, SC, Brasil, Epagri/EEI, 1996.

| Número | Tratamentos<br>Nome | Ninho de formigas |          | Ácaro-da-ferrugem |          | Tripes-da-ferrugem |          |
|--------|---------------------|-------------------|----------|-------------------|----------|--------------------|----------|
|        |                     | Itajaí            | L. Alves | Itajaí            | L. Alves | Itajaí             | L. Alves |
| 1      | Testemunha          | 0                 | 0        | 2                 | 2        | 14                 | 3        |
| 2      | Saco Tardio         | 0                 | 1        | 0                 | 0        | 2                  | 33       |
| 3      | Saco Precoces       | 2                 | 0        | 0                 | 0        | 17                 | 0        |
| 4      | Sevin Tardio        | 0                 | 1        | 0                 | 0        | 2                  | 0        |
| 5      | Sevin Precoces      | 0                 | 1        | 1                 | 0        | 21                 | 0        |
| 6      | Pyritilene Tardio   | 0                 | 0        | 0                 | 0        | 5                  | 16       |
| 7      | Pyritilene Precoces | 0                 | 0        | 0                 | 0        | 1                  | 0        |
| 8      | Biflex Tardio       | 0                 | 0        | 0                 | 0        | 2                  | 1        |
| 9      | Biflex Precoces     | 0                 | 0        | 0                 | 0        | 2                  | 1        |
| 10     | Repelente           | 0                 | -        | 0                 | -        | 7                  | -        |

O tripes-da-erupção foi controlado eficientemente pelos tratamentos 5, 7 e 8, ou seja, por tratamentos onde a colocação dos sacos impregnados com chlorpirifos ou com bifentrina ou onde a aplicação de carbaril foram feitas antes da abertura das brácteas (tabela 4). Este resultado, já obtido com sacos impregnados com chlorpirifos por Lichtemberg et al. (1998) e com sacos impregnados com bifentrina por Gómez e Romero (2002), confirmam resultados que demonstram que o tripes-da-erupção só é controlado por estes produtos quando o ensacamento é feito antes da abertura das brácteas. Como os insetos penetram nas primeiras pencas do cacho, mesmo com as brácteas ainda fechadas,

quando o ensacamento é tardio, depois da queda das brácteas, o efeito dos inseticidas é nulo. Neste estágio de desenvolvimento do cacho o trips-da-erupção já sugou as flores, já ovopositou, suas ninfas já eclodiram e já saíram dos frutos. Portanto, os danos e as lesões da praga já ocorreram.

Tabela 4. Efeito dos tratamentos sobre a ocorrência de danos de cochonilhas e por trips-da-erupção, em banana Cavendish. Itajaí e Luís Alves, SC, Brasil, Epagri/EEI, 1996.

| Tratamentos |                    | Cochonilhas<br>Insetos/cacho |          | Trips-da-erupção <sup>1</sup><br>Lesões/ 2,85 cm <sup>2</sup> de casca |          |
|-------------|--------------------|------------------------------|----------|------------------------------------------------------------------------|----------|
| Número      | Nome               | Itajaí                       | L. Alves | Itajaí                                                                 | L. Alves |
| 1           | Testemunha         | 13                           | 1        | 12,6 A                                                                 | 7,7 a    |
| 2           | Saco Tardio        | 0                            | 1        | 11,7 A                                                                 | 5,3 abc  |
| 3           | Saco Precoco       | 0                            | 0        | 5,0 CDE                                                                | 5,5 abc  |
| 4           | Sevin Tardio       | 0                            | 0        | 7,6 BCD                                                                | 4,6 abc  |
| 5           | Sevin Precoco      | 0                            | 0        | 3,8 DE                                                                 | 2,7 bc   |
| 6           | Pyritilene Tardio  | 0                            | 0        | 10,6 AB                                                                | 5,6 abc  |
| 7           | Pyritilene Precoco | 0                            | 0        | 3,9 DE                                                                 | 2,7 bc   |
| 8           | Biflex Tardio      | 0                            | 2        | 11,8 A                                                                 | 6,7 ab   |
| 9           | Biflex Precoco     | 0                            | 0        | 2,0 E                                                                  | 2,5 c    |
| 10          | Repelente          | 0                            | -        | 8,9 ABC                                                                | -        |

<sup>1</sup> Médias da mesma coluna, seguidas da mesma letra, não apresentam diferenças significativas entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Quando se analisou o efeito dos tratamentos sobre a ocorrência do trips-da-erupção nas diferentes pencas do cacho, observa-se que de uma forma geral o número de lesões na área da casca amostrada tende a crescer das primeiras para as últimas pencas (tabelas 5 e 6). No tratamento testemunha, em Itajaí, o número de lesões cresceu 155% da primeira para a última penca. Isto possivelmente se deve à multiplicação dos insetos no cacho e à menor área da casca dos frutos das últimas pencas. Nas três primeiras pencas, observou-se o efeito positivo dos tratamentos precoces com inseticida no controle do trips-da-erupção (tabela 5), o que permaneceu até as últimas pencas do cacho (tabela 6), porém nestas últimas o tratamento com bifentrina tendeu a ser um pouco mais eficiente que os demais tratamentos. Isto, talvez se deva ao maior período de ação dos sacos impregnados com este produto. No caso das pulverizações com carbaril, o produto só atingiu a parte externa das brácteas da inflorescência fechada e o engaço, o que pode ter diminuído a ação do tratamento nas pencas inferiores.

Tabela 5. Efeito dos tratamentos sobre a ocorrência de danos de trips-da-erupção, nas primeiras pencas de banana Cavendish. Itajaí e Luís Alves, SC, Brasil, Epagri/EEI, 1996.

| Tratamentos |                    | Lesões de trips-da-erupção/ 2,85 cm <sup>2</sup> de casca <sup>1</sup> |          |          |          |          |          |
|-------------|--------------------|------------------------------------------------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
|             |                    | 1ª penca                                                               |          | 2ª penca |          | 3ª penca |          |
| Número      | Nome               | Itajaí                                                                 | L. Alves | Itajaí   | L. Alves | Itajaí   | L. Alves |
| 1           | Testemunha         | 7,6 a                                                                  | 6,1 a    | 9,7 ab   | 7,4 a    | 8,5 abc  | 7,3 a    |
| 2           | Saco Tardio        | 9,5 a                                                                  | 4,0 a    | 11,2 ab  | 4,7 ab   | 12,6 a   | 4,7 ab   |
| 3           | Saco Precoco       | 4,9 ab                                                                 | 6,5 a    | 3,9 c    | 5,2 ab   | 4,9 bcd  | 3,8 ab   |
| 4           | Sevin Tardio       | 8,0 a                                                                  | 3,3 a    | 10,5 ab  | 5,3 ab   | 11,4 ab  | 4,3 ab   |
| 5           | Sevin Precoco      | 2,2 b                                                                  | 1,9 a    | 2,5 c    | 2,4 b    | 3,1 cd   | 1,8 b    |
| 6           | Pyritilene Tardio  | 8,2 a                                                                  | 3,9 a    | 10,2 ab  | 5,5 ab   | 11,3 ab  | 6,9 a    |
| 7           | Pyritilene Precoco | 1,9 b                                                                  | 3,3 a    | 1,9 c    | 3,1 ab   | 2,4 cd   | 1,8 b    |
| 8           | Biflex Tardio      | 9,5 a                                                                  | 6,6 a    | 12,7 a   | 7,3 a    | 12,8 a   | 5,0 ab   |
| 9           | Biflex Precoco     | 2,1 b                                                                  | 2,8 a    | 1,6 c    | 3,4 ab   | 1,6 d    | 2,1 b    |
| 10          | Repelente          | 5,1 ab                                                                 | -        | 5,6 bc   | -        | 5,5 bcd  | -        |

<sup>1</sup> Médias da mesma coluna, seguidas da mesma letra, não apresentam diferenças significativas entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Tabela 6. Efeito dos tratamentos sobre a ocorrência de danos de tripes-da-erupção, nas últimas pencas de banana Cavendish. Itajaí e Luís Alves, SC, Brasil, Epagri/EEI, 1996.

| Tratamentos |                    | Lesões de tripes-da-erupção/ 2,85 cm <sup>2</sup> de casca <sup>1</sup> |          |                 |          |              |          |
|-------------|--------------------|-------------------------------------------------------------------------|----------|-----------------|----------|--------------|----------|
| Número      | Nome               | antepenúltima penca                                                     |          | penúltima penca |          | última penca |          |
|             |                    | Itajaí                                                                  | L. Alves | Itajaí          | L. Alves | Itajaí       | L. Alves |
| 1           | Testemunha         | 14,4 a                                                                  | 8,0 a    | 17,3 a          | 8,5 a    | 19,4 a       | 9,9 a    |
| 2           | Saco Tardio        | 13,3 ab                                                                 | 4,9 abc  | 14,5 ab         | 7,5 ab   | 15,3 ab      | 5,8 ab   |
| 3           | Saco Precoce       | 6,1 bcd                                                                 | 5,8 abc  | 7,1 cd          | 5,7 ab   | 6,8 cd       | 6,7 ab   |
| 4           | Sevin Tardio       | 8,3 abcd                                                                | 4,0 abc  | 9,9 bcd         | 5,1 ab   | 10,9 bc      | 4,2 b    |
| 5           | Sevin Precoce      | 5,8 cd                                                                  | 2,9 abc  | 4,6 d           | 3,6 ab   | 6,8 cd       | 5,4 ab   |
| 6           | Pyritilene Tardio  | 11,0 abc                                                                | 7,1 abc  | 12,9 abc        | 5,6 ab   | 11,5 bc      | 6,1 ab   |
| 7           | Pyritilene Precoce | 5,7 cd                                                                  | 2,5 bc   | 5,1 d           | 2,8 b    | 6,1 cd       | 3,5 b    |
| 8           | Biflex Tardio      | 12,2 abc                                                                | 7,5 ab   | 13,5 abc        | 6,7 ab   | 11,1 bc      | 7,5 ab   |
| 9           | Biflex Precoce     | 2,6 d                                                                   | 2,1 c    | 3,0 d           | 2,3 b    | 2,8 d        | 2,5 b    |
| 10          | Repelente          | 11,6 abc                                                                | -        | 14,6 ab         | -        | 16,8 ab      | -        |

<sup>1</sup> Médias da mesma coluna, seguidas da mesma letra, não apresentam diferenças significativas entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

## CONCLUSÕES

Nas condições em que foram conduzidos estes experimentos, pode-se concluir:

- O controle do tripes-da-erupção só é possível quando o ensacamento é feito logo após a emissão da inflorescência, quando esta encontra-se pendente e as brácteas ainda não abriram.
- O controle do tripes-da-erupção só é possível quando o ensacamento é feito com sacos impregnados com inseticidas ou quando a aplicação do inseticida é feita na inflorescência fechada, imediatamente antes do ensacamento com sacos de polietileno.
- O número de lesões do tripes-da-erupção por área da casca da banana Cavendish aumenta das primeiras para as últimas pencas do cacho.

## BIBLIOGRAFIA

- ARIAS de LOPEZ, M.; JINES C., A.; VALLE T., D. 2000. Evaluación de friponil (fenyl pyrazoles) impregnado en fundas plásticas y cortadas de alta y baja densidad para el control de trips de la flor del banano *Frankliniella parvula* Hood. In: REUNIÓN INTERNACIONAL DE ACORBAT, 14, San Juan, Porto Rico, 2000. Memorias... Acorbat/UPR, CD Rom.
- HEENAN, D. P. 1973. Bunch covers for bananas in the Northern District. Papua New Guinea Agricultural Journal, v. 24, n. 4, p. 156-161.
- GÓMEZ, P.; ROMERO, F. 2002. Evaluación Del insecticida piretroide Bifentrina impregnado em la funda para el control de plagas del racimo en el cultivo de banano en Machala, Ecuador. In: REUNIÓN INTERNACIONAL DE Acorbat, 15. Cartagena de las Indias, Colombia, 2002. Memorias... Acorbat/Augura, p. 202-206.
- JOHNSON, S. 1975. Funda de polietileno con insecticida protege racimos de banano. La Hacienda, USA, v. 70, n. 3, p. 22-45.
- LICHTENBERG, L. A. 1996. Ensacamento do cacho de banana no campo. Informativo SBF, Brasil, v. 15, n. 3, p. 8-11.
- LICHTENBERG, L. A.; MALBURG, J. L.; HINZ, R. H. 1996. Effect of planting density on yield and cycle duration of 'Nanicão' banana in Southern Brazil. Proceedings of the Interamerican Society for Tropical Horticulture, USA, v. 40, p. 232-235.
- LICHTENBERG, L. A.; Schmitt, A. T.; MALBURG, J. L.; HINZ, R. H.; LICHTENBERG, P. S. F. 1998. Effect of bunch covers and chemical sprays on mechanical, climatic and pest damage in Cavendish bananas. In: REUNIÓN INTERNACIONAL DE ACORBAT, 13, Guayaquil, Ecuador, 1998. Memorias... Acorbat/CONABAN: p. 255-265.
- ROBINSON, J. C.; NEL, D. J. 1982. The use of banana bunch covers during summer at Burgershall. Citrus and Subtropical Fruti Research Institute, Information Bulletin, Nelspruit, South Africa, v. 118, p. 8-9.
- OBINSON, J. C.; NEL, D. J. 1984. Inflense of polyethylene bunch covers on yield and fruit quality of winter-developing banana bunches. Horticultural Science, v. 1, p. 26-28.
- SOTO B., M. 1992. Bananos – cultivo y comercialización. 2 ed. San José, Costa Rica: Litografia e Imprenta LIL, S. A. 674p.

## **INFLUÊNCIA DE FATORES EDÁFICOS SOBRE A POPULAÇÃO DE *Meloidogyne javanica*, *Helicotylenchus multicinctus* E *Radopholus similis* EM BANANEIRA**

### **INFLUENCE OF PHYSIC-CHEMICAL CHARACTERISTICS ON THE *Meloidogyne javanica*, *Helicotylenchus multicinctus* AND *Radopholus similis* POPULATION IN BANANA.**

Regina Cássia Ferreira Ribeiro<sup>1</sup>; Adelica Aparecida; Edson Hyidu Mizobutsi<sup>1</sup>; Fábio Ruas Pereira<sup>1</sup>; Hudson Brito Ribeiro<sup>1</sup>; Adélia Azis Alexandre Pozza<sup>2</sup> & Silamar Ferraz<sup>3</sup>.

#### **RESUMO**

Avaliou-se no campo a influência de características físico-químicas do solo sobre a população de *Meloidogyne javanica*, *Helicotylenchus multicinctus* e *Radopholus similis* em bananeira cultivar Prata-Anã a 20, 40, 80 e 120 cm dos pseudocaules e nas profundidades de 20, 40 e 60 cm. O ensaio foi montado em blocos ao acaso e avaliaram-se as variáveis: população dos fitonematóides, pH, teores de P, K, Ca, Mg, SB, V, areia, silte e argila. Verificou-se correlação positiva da população de *M. javanica* e *H. multicinctus* com os teores de areia e silte e negativa com o teor de argila. Para *R. similis* verificou-se correlação positiva da população com o teor de silte e negativa com o teor de argila. Correlação positiva foi observada entre as populações de *M. javanica* e *H. multicinctus* com os teores de P, K, Ca, Mg, SB e V, enquanto o pH correlacionou-se positivamente apenas com a população de *H. multicinctus*. Nenhum dos fatores químicos avaliados correlacionou-se com a população de *Radopholus similis*.

Palavras-Chave: Fitonematóides, fatores físicos, fatores químicos, banana.

#### **SUMMARY**

It was evaluated the influence of the edaphic factors on the *M. javanica*, *H. multicinctus* and *R. similis* population on the banana 'Prata-Anã' to 20, 40, 80 and 120 cm of the pseudostems and in the depth of 20, 40 and 60 cm. The assay was carried out in complete randomized blocks and the followed variables were evaluated plant parasitic nematodes population, pH, organic matter contents, P, K, Ca, Mg, SB, V, sand, silt and clay. It was verified positive correlation of *M. javanica* and *H. multicinctus* population with contents of sand and silt and negative correlation with content of clay. Concerning to *R. similis* it was observed negative correlation of the population with content of silt. It was verified positive correlation of *M. javanica* and *H. multicinctus* population with P, K, Ca, Mg, SB and V content, while the pH correlated positively only with *H. multicinctus* population. None chemical factors presented effects on the *Radopholus similis* population.

Keywords: Plant parasitic nematodes, physical-chemical characteristics, banana.

#### **INTRODUÇÃO**

A banana (*Musa* spp.) é uma das frutas mais consumidas no mundo, sendo explorada na maioria dos países tropicais. No Brasil, esta cultura é cultivada em todos os estados da Federação, o que contribui para que o país esteja em segundo lugar na produção mundial. Minas Gerais destaca-se como quinto produtor (Agrianual, 2005). O norte de Minas, atualmente, conta com cerca de 8.000 ha cultivados com banana (Abanorte, 2005, inf. pessoal).

A produtividade média nacional é baixa, cerca de 13,2 ton/ha/ano (Agrianual, 2005). Este baixo rendimento deve-se a principalmente entre outros fatores a incidência de doenças causadas por fungos, vírus, bactérias e nematóides. No Brasil, diversas espécies de nematóides têm sido identificadas associadas as raízes e ao solo da rizosfera de bananeira. O fitonematóide *Radopholus similis* é considerado a mais importante espécie parasita dessa cultura, embora outras como *Meloidogyne incognita*, *Helicotylenchus multicinctus*, *Pratylenchus coffeae* e *Rotylenchus reniformis*, também ocorram com frequência, causando danos expressivos (Ferraz, 1995; Costa *et al.*, 1997; Gonzaga, 1997).

<sup>1</sup> Depto. Ciências Agrárias, Universidade Estadual de Montes Claros, 39 440 000, Janaúba-MG

<sup>2</sup> Depto. Ciências do Solo/Universidade Federal de Lavras, 37200 000, Lavras-MG

<sup>3</sup> Depto. Fitopatologia/ Universidade Federal de Viçosa, 36571 000, Viçosa-MG

As maiores dificuldades na investigação de fitonematóides no campo, estão ligadas à complexidade da natureza dinâmica desses organismos no solo. O sistema ecológico no qual vive o fitonematóide é uma complexa interação com plantas hospedeiras, microclima, propriedades físicas e químicas do solo e microorganismos (Langhlin e Lordello, 1977). Daí existirem flutuações populacionais no tempo e espaço nas direções vertical e horizontal no perfil do solo. A população de fitonematóides diminui com o aumento da profundidade (Almeida *et al.*, 1987) e está associada também com a redução da quantidade de raízes. De acordo com Windham e Barker (1993) fatores edáficos como saturação de bases, capacidade de troca de cátion, porcentagem de matéria orgânica, pH e níveis de íons diferem nas diferentes profundidades e podem interferir na distribuição espacial de *Meloidogyne incognita* em soja. Segundo Langhlin e Lordello (1977), altas populações de nematóides são encontradas em solos úmidos e bem drenados, sendo desfavoráveis os solos saturados. A distribuição vertical e horizontal de alguns nematóides tem sido investigada. No Brasil, Almeida *et al.* (1987) encontraram variações populacionais de *Meloidogyne exigua* no solo e rizosfera de cafeeiro. Barker e Nusbaum (1969) encontraram distribuição horizontal uniforme em *Tylenchorrynychus claytoni*, porém heterogênea para *Xiphinema americanum* e *Meloidogyne incognita*. Outros pesquisadores como Carneiro *et al.* (1982) estudaram a distribuição vertical de quatro espécies de nematóides parasitas em cana-de-açúcar e concluíram que *Helicotylenchus dihytera* e *Paratrichodorus porosus* ocorrem em grandes densidades populacionais nos 45 centímetros superficiais e em níveis menores a partir dos 60 cm, enquanto que *Hoplolaimus galeatus* e *Pratylenchus zae* apresentaram distribuição bastante homogênea ao longo do perfil do solo. Griffin e Darling (1964) concluíram que apenas pequenas mudanças na densidade populacional de *Xiphinema americanum* ocorreram no verão e no outono em pequenas profundidades no solo. Kable e Mai (1968) concluíram que flutuações estacionais de *Pratylenchus penetrans* foram grandemente afetadas pelas variações de umidade do solo. Contudo fatores adicionais contribuíram para a flutuação populacional da maioria dos nematóides encontrados. Lewis e Mai (1960) constataram uma migração descendente de *Ditylenchus dipsaci* na primavera. Contudo, Tseng *et al.* (1968) constataram que densidades populacionais dessa espécie variam em diversas profundidades do solo de acordo com a mudança de estações do ano, umidade do solo e temperatura.

A bananeira como cultura semi-perene está sujeita, durante todo ano, ao efeito do ambiente. Contudo, são poucos os dados sobre o efeito de características ambientais e físico-químicas do solo sobre a população de *Radopholus similis*, *Meloidogyne* spp., *Helicotylenchus multicinctus* na rizosfera da bananeira no campo. Assim o presente trabalho teve por objetivo avaliar a influência de características físico-químicas do solo sobre a população de *Meloidogyne javanica*, *Helicotylenchus multicinctus* e *Radopholus similis* em bananeira no Norte de Minas.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado em bananal do subgrupo Prata-anã em produção no município de Janaúba, MG irrigado por meio de micro-aspersão numa área com infestação homogênea de nematóides da bananeira prata com espaçamento 3,5x2,0 m. Para a montagem do ensaio, 50 plantas foram selecionadas ao acaso e dessas, cinco plantas constituíram cinco parcelas, sendo que cada parcela foi composta por duas touceiras. O ensaio foi montado em blocos ao acaso e em cada parcela foram coletadas amostras de solo em quatro distâncias do pseudocaule da planta (20, 40 e 80 e 160 cm) e a três diferentes profundidades (20, 40 e 60 cm). As amostras de solo foram acondicionadas em sacos plásticos, etiquetadas e levadas ao laboratório de Fitopatologia/Nematologia para extração de fitonematóides de acordo com a técnica de flotação em centrífuga (Jenkins, 1964) e posterior contagem em câmara de Peters em microscópio estereoscópio. Parte das amostras foi levada para o Laboratório de Solos para avaliação do pH, matéria orgânica, teores de fósforo, potássio, cálcio, magnésio, soma de bases, saturação de bases, argila, silte e areia. A coleta e avaliação das amostras foram realizadas no mês de setembro de 2004. Os dados foram submetidos a análise de variância por meio do programa SISVAR e correlação de Pearson (SAEG).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Por meio da análise de variância verificou-se interação significativa entre os fatores distância e profundidade para a população de *H. multicinctus*. Após realizar o desdobramento observou-se que nas distâncias de 40, 80 e 120 cm, houve maior população do nematóide na profundidade de 20 cm, enquanto na distância de 20 cm não ocorreu diferença da população entre as profundidades (Tabela 1). Para *M. javanica* a população foi estatisticamente superior na profundidade de 20 e inferior na



profundidade de 60 cm. Este resultado era esperado visto que o sistema radicular da banana 'Prata-Anã' é bastante superficial concentrando-se em sua maior parte nos primeiros 40 cm (Tabela 2). Por meio da análise de correlação de Pearson calculada pelo programa estatístico SAEG verificou-se que a população de *Meloidogyne* sp. e *H. multicinctus* correlacionou-se positivamente com os teores de areia e silte e negativamente com o teor de argila, enquanto para a população de *R. similis* não verificou-se correlação significativa com os teores de areia, argila ou silte. (Tabela 3). De acordo com Gowen & Quénéhervé (1990), *R. similis* parece ser menos afetado pelas variáveis do solo possivelmente por causa de hábito estritamente endoparasita sem a necessidade de uma fase no solo. Ainda de acordo com estes autores, *M. incognita* é mais abundante em solos arenosos o que concorda com os resultados obtidos no presente ensaio. Moens et al. (2003) trabalhando com o patossistema banana x *R. similis* verificou maior taxa de reprodução do nematóide em solos arenosos do que em solos argilo-arenosos. De acordo com estes autores solos arenosos possuem poros maiores que favorecem a aeração e o desenvolvimento dos nematóides e o movimento em direção às plantas e penetração nas raízes. Resultados semelhantes também foram encontrados por Davide (1980) que encontraram maior população de *R. similis* em solos de textura argilo-arenosa do que em solos argilosos.

Por meio da análise de correlação de Pearson calculada pelo programa estatístico SAEG (Tabela 4) verificou-se que a população de *Meloidogyne* sp. e *H. multicinctus* correlacionou-se positivamente com os teores de matéria orgânica, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, soma de bases e saturação de bases, enquanto o pH correlacionou-se positivamente apenas com a população de *H. multicinctus*. Nenhum dos fatores químicos avaliados correlacionou-se significativamente com a população de nematóide cavernícola, *R. similis*. De acordo com Speijer et al. (2001), a fertilidade do solo, a densidade de plantas e o comprimento da estação seca não influenciam a frequência de espécies de nematóides nem suas densidades populacionais. No entanto Windham e Barker (1993) sugeriram que fatores edáficos como capacidade de troca de cátion, porcentagem de matéria orgânica, pH, e íons como Ca, Zn, Cu, Mg, Mn, P possuem efeito sobre a distribuição de *M. incognita* em soja e que seus níveis decrescem nas maiores profundidades ao longo do perfil do solo o que pode explicar menores populações de *M. javanica* e *H. multicinctus* com a diminuição da matéria orgânica e íons como Ca, Zn, Cu, Mg, Mn, P.

Tabela 1. Número de espécimes de *Helicotylenchus multicinctus* por 100 cc de solo nas profundidades de 20, 40 e 60 cm no perfil de solo nas distâncias de 20, 40, 80 e 120 cm do pseudocaule de bananeira Prata-Anã irrigada no Norte de Minas em setembro de 2004.

| Profundidade | Distâncias |        |        |        |
|--------------|------------|--------|--------|--------|
|              | 20         | 40     | 80     | 120    |
| 20           | 23,8* a    | 58,4 a | 52,6 a | 44,6 a |
| 40           | 20,8 a     | 15,6 b | 19,6 b | 17,8 b |
| 60           | 14,0 a     | 9,0 b  | 7,0 c  | 7,4 b  |
| CV(%)        | 25,81      | 25,81  | 25,81  | 25,81  |

Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem significativamente entre si pelo teste Scot-Knot a 5%.

Dados transformados em  $\sqrt{(x+0,5)}$

Tabela 2. Número de espécimes de *Meloidogyne* spp. por 100 cc de solo nas profundidades de 20, 40 e 60 cm no perfil de solo implantado com bananeira Prata-Anã irrigada no Norte de Minas.

| Profundidades (cm) | <i>Meloidogyne javanica</i> |
|--------------------|-----------------------------|
| 20                 | 124,9 a                     |
| 40                 | 60,9 b                      |
| 60                 | 33,7 c                      |
| CV (%)             | 30,09                       |

Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem significativamente entre si pelo teste Scot-Knot a 5%.

Dados transformados em  $\sqrt{(x+0,5)}$

Tabela 3. Coeficientes de correlação e probabilidades associadas entre a população de *Meloidogyne* sp., *Helicotylenchus multicinctus* e *Radopholus similis* com teores de areia, silte e argila.

| Variável | <i>Meloidogyne</i> sp. |               | <i>Helicotylenchus multicinctus</i> |               | <i>Radopholus similis</i> |               |
|----------|------------------------|---------------|-------------------------------------|---------------|---------------------------|---------------|
|          | r                      | Significância | r                                   | Significância | r                         | Significância |
| Areia    | 0.7115                 | 0.0047        | 0.8659                              | 0.0001        | 0.3157                    | 0.1587        |
| Silte    | 0.5887                 | 0.0220        | 0.5716                              | 0.0261        | 0.4417                    | 0.0753        |
| Argila   | - 0.6218               | 0,0154        | - 0.6038                            | 0.0188        | - 0.4903                  | 0.0528        |

Tabela 4. Coeficientes de correlação e probabilidades associadas entre a população de *Meloidogyne* sp., *Helicotylenchus multicinctus* e *Radopholus similis* e pH, matéria orgânica, teor de fósforo, potássio, cálcio, magnésio, soma de bases e saturação de bases.

| Variável                     | <i>Meloidogyne</i> sp. |               | <i>Helicotylenchus multicinctus</i> |               | <i>Radopholus similis</i> |               |
|------------------------------|------------------------|---------------|-------------------------------------|---------------|---------------------------|---------------|
|                              | r                      | Significância | r                                   | Significância | r                         | Significância |
| pH                           | 0.3777                 | 0.1130        | 0.6626                              | 0.0094        | 0.3978                    | 0.1001        |
| Matéria orgânica             | 0,6944                 | 0,0061        | 0,8042                              | 0,0008        | 0,3984                    | 0,0998        |
| P (mg/dm <sup>3</sup> )      | 0.6838                 | 0.0071        | 0.8000                              | 0.0009        | 0.2896                    | 0.1806        |
| K (mg/dm <sup>3</sup> )      | 0.8000                 | 0.0009        | 0.6486                              | 0.0113        | 0.3594                    | 0.1256        |
| Ca (mg/dm <sup>3</sup> )     | 0.5824                 | 0.0235        | 0.7849                              | 0.0012        | 0.3914                    | 0.1042        |
| Mg (mg/dm <sup>3</sup> )     | 0.5314                 | 0.0377        | 0.6565                              | 0.0102        | 0.1129                    | 0.3634        |
| SB (cmolc/ dm <sup>3</sup> ) | 0.6566                 | 0.0102        | 0.8220                              | 0.0005        | 0.3403                    | 0.1395        |
| V (%)                        | 0.5588                 | 0.0295        | 0.6245                              | 0.0150        | 0.7752                    | 0.2281        |

## CONCLUSÕES

As populações de *M. javanica* e *H. multicinctus* foram influenciadas positivamente com os teores de areia e silte e negativamente com o teor de argila. A CTC, porcentagem de matéria orgânica, pH, e íons como Ca, Zn, Cu, Mg, Mn, P não afetaram a população de *R. similis*, no entanto, afetaram a população de *M. javanica* e *H. multicinctus*. O pH do solo correlacionou-se positivamente apenas com a população de *H. multicinctus*.

## AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pelo financiamento do projeto de pesquisa e a FAPEMIG pela concessão da bolsa de auxílio a Bolsa de Incentivo a Pesquisa e ao Desenvolvimento Tecnológico – BIPDT.

## BIBLIOGRAFIA

1. AGRIANUAL. 2005. Anuário da Agricultura Brasileira. São Paulo: FNP Consultoria & Agroinformativos. p. 221-229.
2. ALMEIDA, V. F.; CAMPOS, V. P. & LIMA, R. D. 1987. Flutuação populacional de *Meloidogyne exigua* na rizosfera do cafeeiro. Nematologia Brasileira, 11: 159-175.
3. BARKER, K. R. & NUSBAUM, C. J. Horizontal distribution patterns of four plant parasitic nematodes in selected fields. Journal of Nematology, 1: 4-5. 1969.
4. CARNEIRO, R. M. D. G.; CARNEIRO, R. G. & MONTEIRO, A. R. 1982. Distribuição vertical de quatro espécies de nematóides parasitas de cana-de-açúcar em relação a certas propriedades do solo. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE NEMATOLOGIA; 6, Fortaleza, p. 117-32.

5. COSTA, D. C.; C.; SILVA, S. O; ALVES, F. R. & SANTOS, A. C. Avaliação de danos e perdas à bananeira cv. Nanica causadas por *Meloidogyne incognita* na região de Petrolândia-Pernambuco. *Nematologia Brasileira*, 21: 21. 1997.
6. DAVIDE, R. G. 1980. Influence of cultivar, age, soil texture and ph on *Meloidogyne incognita* and *Radopholus similis* on banana. *Plant Disease*, 64 (6):571-573.
7. FERRAZ, L. C. C. B. *Radopholus similis* em banana no Brasil: considerações gerais sobre o problema com ênfase aos danos causados à cultura. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE NEMATOLOGIA TROPICAL; CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE NEMATOLOGIA, 19; CONGRESSO DA ORGANIZAÇÃO DOS NEMATOLOGISTAS DA AMÉRICA TROPICAL, 27, 1995, Rio Quente. Anais... Piracicaba: Sociedade Brasileira de Nematologistas, 1995. p. 176-185.
8. GONZAGA, V. 1997. Nematóides associados a bananeiras na região Norte de Minas Gerais. *Fitopatologia Brasileira*, 22: 326 (suplemento).
9. GOWEN, S. & QUÉNÉHERVÉ, P. Nematode parasites of bananas, plantains and abaca. In: LUC, M.; SIKORA, R. A. & BRIDGE, J. *Plant Parasitic Nematodes in the Subtropical and Tropical Agriculture*. 1990. 629p.
10. GRIFFIN, G. D. & DARLING, H. M. 1964. An ecological study of *Xiphinema americanum* Cobb in an ornamental spruce nursery. *Journal of Nematology*, 10: 471-9.
11. JENKINS, W. R. 1964. A rapid centrifugal- flotation technique for separating nematodes from soil. *Plant Disease Reporter*, 48 (9): 692.
12. KABLE, P. F. & MAI, W. F. 1968. Influence of soil moisture on *Pratylenchus penetrans*. *Journal of Nematology*, 14: 101-22.
13. LANGHLIN, C. W. & LORDELLO, L. G. E. 1977. Sistemas de manejo de nematóides: relações entre a densidade de população e os danos à planta. *Sociedade Brasileira de Nematologia*, 2: 15-24.
14. LEWIS, G. D. & MAI, W. F. 1960. Overwintering and migration of *Ditylenchus dipsaci* in organic soils of southern New York. *Phytopathology*, 50: 341-3.
15. MOENS, T.; ARAYA, M.; SWENNEN, R.; de WAELE, D. & SANDOVAL, J. Effect of growing medium, inoculum density, exposure time and pot volume: factors affecting the resistance screening for *Radopholus similis* in banana (*Musa* spp.). *Nematropica*, 33 (1): 9-26, 2003.
16. SPEIJER, P. R.; ROTIMI, M. O.; DE WAELE, D. 2001. Plant parasitic nematodes associated with plantain (*Musa* spp., AAB-group) in southern Nigeria and their relative importance compared to the biotic constraints. *Nematology*, 3 (5): 432-436.
17. TSENG, S. T.; ALLRED, K. R. & GRIFFIN, G. D. 1968. A soil population study and *Ditylenchus dipsaci* (Khun) Filipjevin and alfafa field. *Proc. Helminthol. Soc. Wash.* 35: 57-62.
18. WINDHAM, G. L. & BARKER, K. R. 1993. Spatial and temporal interactions of *Meloidogyne incognita* and soybean. *Journal of Nematology*, 25:738-749.

## NEMATÓIDES FITOPARASITOS ASSOCIADOS À CULTURA DA BANANEIRA (*Musa* spp.) NO ESTADO DO PARANÁ

### PLANT-PARASITIC NEMATODES ASSOCIATED WITH BANANA (*Musa* spp.) IN THE PARANÁ STATE, BRAZIL

Adriano Munhoz Pereira<sup>1</sup>; Arlei Maceda<sup>2</sup>; Claudia Regina Dias-Arieira<sup>3</sup> & Adelino Pelissari<sup>4</sup>

#### RESUMO

Com o objetivo de identificar os gêneros de nematóides fitoparasitos associados à cultura no Estado do Paraná, realizou-se levantamento nas três principais regiões produtoras. De setembro, 2005 a março, 2006, 153 amostras coletadas de raízes e solo da rizosfera de bananeiras foram examinadas. Treze gêneros foram detectados: *Radopholus*, *Helicotylenchus*, *Pratylenchus*, *Meloidogyne*, *Rotylenchulus*, *Tylenchus*, *Aphelenchus*, *Discocriconemella*, *Mesocriconema*, *Xiphinema*, *Trichodorus*, *Scutellonema* e *Hemicyclophora*. Os principais gêneros para a cultura (*Radopholus*, *Helicotylenchus*, *Pratylenchus* e *Meloidogyne*) ocorreram nas três regiões. *Helicotylenchus* foi o mais freqüente e *Radopholus* apresentou as maiores densidades.

**Palavras Chave:** *Helicotylenchus* spp., *Meloidogyne* spp., *Pratylenchus* spp., *Radopholus* sp., *Rotylenchulus* sp., banana, levantamento, amostras, raízes.

#### SUMMARY

A survey was carried out from September, 2005 to March, 2006 in the three main producers regions of Paraná State, Brazil. A total of 153 soil and root samples collected from banana trees were examined, and 13 genera of plant-parasitic nematodes were recorded: *Radopholus*, *Helicotylenchus*, *Pratylenchus*, *Meloidogyne*, *Rotylenchulus*, *Tylenchus*, *Aphelenchus*, *Discocriconemella*, *Mesocriconema*, *Xiphinema*, *Trichodorus*, *Scutellonema* e *Hemicyclophora*. The most important genera to banana (*Radopholus*, *Helicotylenchus*, *Pratylenchus* and *Meloidogyne*) were found widely distributed. *Helicotylenchus* was the most frequent genus and *Radopholus* was found in the higher densities.

**Keywords:** *Helicotylenchus* spp., *Meloidogyne* spp., *Pratylenchus* spp., *Radopholus* sp., *Rotylenchulus* sp., banana, survey, samples, roots.

#### INTRODUÇÃO

A bananeira (*Musa* spp.) é a segunda frutífera mais plantada no Brasil. Cultivada em 495.380 ha, encontra-se presente na grande maioria dos municípios brasileiros, em todas as Unidades da Federação, sendo produzida tanto para consumo próprio como para o comércio (IBGE, 2004).

No Paraná (PR), a área cultivada é de 9.300 ha localizados, principalmente, no litoral, norte e oeste do Estado. No litoral ocupa 5.340 ha e, conduzida em sistemas de produção mais intensivos na parte sul e pouco desenvolvidos na parte norte (Miranda *et al.*, 1999), é a principal atividade agrícola de pequenas propriedades familiares, onde concentra-se a produção de banana orgânica do Estado. A região litorânea paranaense caracteriza-se pela existência de remanescentes do ecossistema da Floresta Atlântica, onde foram instituídas as Áreas de Proteção Ambiental (APA's) de Guaratuba e Guaraqueçaba. Nessas áreas, as atividades agrícolas devem atender as diretrizes definidas nos seus respectivos zoneamentos e planos de manejo, os quais orientam para sistemas com o menor uso de agrotóxicos e com maior uso de práticas culturais. Nas regiões norte e oeste do estado, o cultivo da bananeira caracteriza-se por sistemas intensivos, havendo também iniciativas de produção agroecológica. Nessas duas regiões, a cultura da bananeira desempenha um importante papel na

<sup>1</sup> Engenheiro Agrônomo, Departamento de Fiscalização e Defesa Agropecuária (DEFIS), Secretaria da Agricultura do Paraná (SEAB), Mestrando em Agronomia (UFPR) E-mail: amunhozp@seab.pr.gov.br,

<sup>2</sup> Engenheiro Agrônomo, Laboratório de Nematologia, Centro de Diagnóstico Marcos Enrietti (DEFIS/SEAB), arleimaceda@seab.pr.gov.br,

<sup>3</sup> Engenheira Agrônoma, Professora, Departamento de Agronomia (DAG), Universidade Estadual de Maringá (UEM), E-mail: cdiasarieira@brturbo.com.br,

<sup>4</sup> Engenheiro Agrônomo, Professor, Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo, Universidade Federal do Paraná (UFPR), E-mail: linopeli@hotmail.com.br.

diversificação de culturas nas propriedades, onde predominam principalmente cultivos de soja, milho, trigo, feijão, pastagens e algodão. As principais cultivares plantadas no estado são as do subgrupo Cavendish (AAA), destacando-se Nanica, Nanicão, Grande Naine, e do subgrupo Prata (AAB), como a Prata e Maçã. Porém, ainda são cultivadas, em menor escala, bananeiras dos subgrupos Terra, Figo, banana ouro, entre outras.

Dentre os problemas existentes no cultivo da bananeira no estado, destacam-se os relacionados às pragas e doenças, ao manejo e conservação de solos e qualidade do material propagativo. As causas para os problemas apontados são: a falta de pesquisa, tecnologia, monitoramento e métodos de controle de pragas e doenças (IPARDES, 2005).

As pragas e doenças mais importantes da bananeira são o mal-do-Panamá, as manchas foliares de Sigatoka e os nematóides fitoparasitos das raízes (Carlier et al., 2003). Os mais prejudiciais são aqueles envolvidos na destruição de raízes primárias, causando debilidade do sistema de ancoragem da planta, resultando no afloramento das raízes na região do colo e tombamento, redução na absorção de água e nutrientes, influenciando o desenvolvimento normal da planta. Os mais importantes são: *Radopholus similis* Thorne, 1949, algumas espécies de *Pratylenchus*, *Helicotylenchus multicinctus* (Coob, 1893) Golden, 1956, sendo comum encontrar *Meloidogyne* spp. e *Rotylenchulus reniformis* Linford & Oliveira, 1940. Somando-se a estes, no mundo são registrados 146 espécies de fitonematóides pertencentes a outros 43 gêneros associados à *Musa* spp., porém não consideradas pragas sérias, até o momento (Gowen & Quénehervé, 1990).

*Radopholus similis* é considerado o mais prejudicial (Gowen, 1979; McSorley & Parrado, 1986; Sarah et al., 1996) e está presente em todos os continentes, nas principais regiões produtoras de banana do mundo, principalmente naquelas em que a temperatura varia de 24 a 32°C. Entretanto, não ocorre em algumas regiões da África, América Central e regiões subtropicais do Mediterrâneo, de clima mais temperado, (O'Bannon, 1977; Sarah et al., 1996). *Helicotylenchus multicinctus* é considerada a segunda espécie mais importante, estando também amplamente disseminada no mundo, causando danos principalmente em áreas sub-tropicais onde *Radopholus* não está presente (McSorley & Parrado, 1986).

*Meloidogyne incognita* (Kofoid & White, 1919) Chitwood, 1949 e *Meloidogyne javanica* (Treub, 1885) Chitwood, 1949 ocorrem em bananas e plátanos onde quer que sejam cultivados, podendo ainda encontrar-se *Meloidogyne arenaria* (Neal, 1889) Chitwood, 1949 e outras espécies. Apesar da ampla distribuição, não são consideradas as mais patogênicas para a bananeira, embora também causem danos. Normalmente ocorrem associados a *R. similis* e *Pratylenchus* spp. e tornam-se abundantes, principalmente em áreas onde o clima mais ameno não favorece o estabelecimento de *R. similis* ou onde esta espécie e *Pratylenchus goodeyi* Sher & Allen, 1953, ainda não foram introduzidos (De Waele & Davide, 1998).

*Pratylenchus coffeae* (Zimmermann, 1898) Goodey, 1951, encontra-se distribuído ao redor do mundo, sendo a espécie mais importante nas ilhas do pacífico e ocorrendo também no sudeste da Ásia, América Central e do Sul, em cultivares do subgrupo Cavendish, e na África do Sul e Ghana. No oeste africano ocorre associado com *R. similis*, *H. multicinctus* e *Meloidogyne* spp., enquanto que *P. goodeyi* está restrito a regiões de maior altitude no centro e oeste da África, no Mediterrâneo e Austrália (Bridge et al., 1997).

No Brasil, Zem (1982) compilou os resultados de trabalhos sobre nematóides em bananeiras, realizados no período de 1928 a 1980, em 7 estados brasileiros (SP, RJ, MG, BA, AP, AC e CE). Com base nesses estudos, foram constatadas mais de vinte espécies de nematóides associados à cultura, pertencentes a quatorze gêneros, dentre os quais *Pratylenchus*, *Radopholus*, *Meloidogyne*, *Helicotylenchus* e *Rotylenchulus*. O mesmo autor, analisando 275 amostras de raízes e solo da rizosfera de bananeiras, provenientes de 15 estados brasileiros, também constatou a presença dos principais gêneros de nematóides para a bananeira. *Radopholus similis* foi encontrado em 33% das amostras analisadas e em 9 estados, associado apenas às áreas cultivadas com bananeiras Cavendish, provocando perdas de até 100%, mas não sendo encontrado em cultivos com a cultivar Prata. A densidade populacional média do nematóide foi de 1001 espécimes/10 g de raízes e, em pomares comerciais. O autor constatou a praga nos cultivares Grande Naine, Maçã, Marmelo, Mysore, Nanica, Nanicão, Ouro e Terra, e em outros cultivares em condições de coleção.

Com relação a *Helicotylenchus multicinctus*, Zem, (1982) ressaltou a ampla distribuição e frequência da espécie (74%), encontrada em todos os estados amostrados e com a maior densidade populacional (1881/10 g raízes), devendo superar *R. similis* em importância econômica. Em infestações muito altas daquele nematóide, observou que *R. similis* estava ausente ou em baixa incidência. Constatou, ainda, que as populações de *Meloidogyne* spp., depois de *H. multicinctus*, foram as mais frequentes e abundantes (48,7% e 1066 espécimes/ 10 g de raízes), atingindo os



maiores níveis de infestação na ausência de *R. similis*. *P. coffeae* teve a distribuição muito restrita (2,5% das amostras), mas atingiu altas densidades populacionais (1362/10g de raízes). *Rotylenchulus reniformis*, foi constatado em 5,8% das amostras.

Posteriormente, Souza *et al.*, (1999) constataram a ocorrência dos gêneros *Meloidogyne*, *Helicotylenchus*, *Pratylenchus*, e *Radopholus*, além de outros, associados a 107 amostras raízes de bananeira coletadas nos estados de MG, PE, SP, CE e BA. Os autores encontraram *Helicotylenchus* spp. em 90,7 %, *Meloidogyne* spp. em 75,9 % e *R. similis* em 11,2% das amostras, com exceção da BA. Cavalcante *et al.* (2002), estudando a ocorrência de nematóides em 64 amostras de 16 genótipos diplóides no Acre, constataram *Meloidogyne* em 62,5%, *Helicotylenchus* em 48,4% e *Pratylenchus* em 6,2% das amostras de raízes.

São poucas as informações sobre a ocorrência de nematóides em bananeiras no Paraná. Zem, (1982) em 26 amostras dos cultivares Nanica e Nanicão, coletadas nos municípios de Londrina (3), Cornélio Procopio (1) e Morretes (22), constatou *H. multicinctus* na frequência 100%, em densidades médias de 498 espécimes/10g de raízes e 320 espécimes/50 ml de solo. Apesar de não ter constatado a presença de *R. similis*, o autor ressaltou a suspeita de existirem plantios infestados, uma vez que mudas eram veiculadas do litoral paulista para o Paraná. Santos & Silva, (1984), em amostras recebidas para diagnóstico fitossanitário durante o período de 1981 a 1983, constataram a presença de *M. incognita* na cultivar Nanicão, proveniente do Município de Guaratuba.

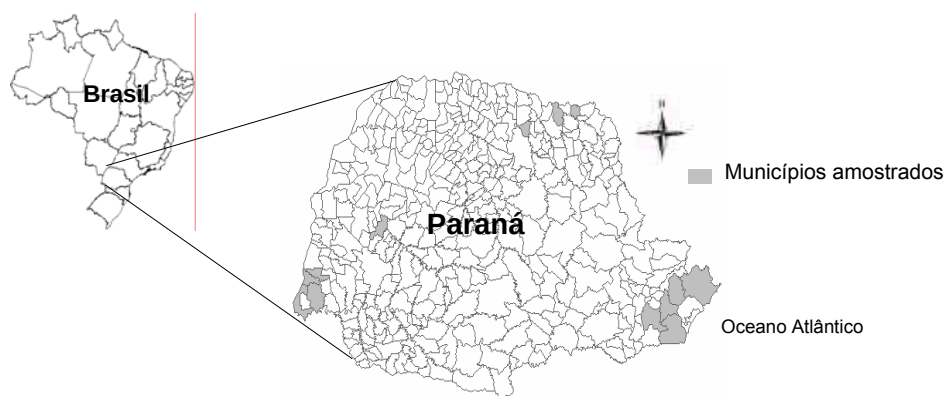
Os levantamentos de nematóides possibilitam a identificação de espécies associadas com as culturas e sua distribuição numa dada localidade, a realização de estudos sobre biologia, ecologia, manejo e controle de nematóides fitoparasitos (Davide, 2003). Considerando a importância dos nematóides fitoparasitos para a bananeira e a necessidade de se obter informações atualizadas sobre a sua ocorrência e distribuição nas regiões produtoras do Paraná, o presente estudo teve como objetivo identificar os gêneros de nematóides associados à cultura, suas densidades populacionais e frequências.

## MATERIAL E MÉTODOS

### ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi realizado em áreas de produção comercial de bananas nos municípios de Antonina, Guaratuba, Guaraqueçaba, Morretes e São José dos Pinhais (na região litorânea); Andirá, Ibiporã e Santa Mariana (no norte); e Foz do Iguaçu, Itaipulândia, Missal, Nova Aurora e São Miguel do Iguaçu (no oeste), (Figura 1). As amostragens foram realizadas durante o período de setembro de 2005 a março de 2006, períodos do ano nos quais, a bananeira e os nematóides apresentam atividade mais intensa. As propriedades selecionadas para coleta foram indicadas pela Emater e produtores, além de outras escolhidas aleatoriamente. Foram, também, realizadas amostragens na coleção de bananeiras do IAPAR (Estação Experimental em Morretes). Os cultivares amostrados pertencem ao subgrupo Cavendish (*Musa* AAA), Prata (AAB) e Ouro (AA)

FIGURA 1 – Localização dos Municípios de Estudo



## COLETA DAS AMOSTRAS

Nas propriedades, selecionou-se uma área de aproximadamente de 1 ha, cujas características edáficas e agrônômicas do cultivo (cultivar, idade, tratos culturais) fossem homogêneas e apresentassem histórico de tombamento de plantas. Através de caminhar em zigue-zague, adotou-se na coleta a metodologia descrita por Araya (1997), com modificações no volume coletado por sub-amostra. Foram coletados raízes e solo, à frente do filhote de bananeira recém florescida, na profundidade de até 30 cm. A coleta foi realizada com auxílio de uma pá, eliminando-se os 5 cm superficiais e os terços laterais de solo, mantendo-se a porção central, que foi transferida para um saco plástico com capacidade para 40 L. Este procedimento representou a coleta de uma sub-amostra. Coletaram-se 10 sub-amostras/ha, de cujo volume, depois de homogeneizado, transferiu-se 1000 g de solo e 100 g de raízes para saco plástico devidamente identificado. Estas foram acondicionadas em caixa de isopor contendo gelo ao fundo, isolado por papel jornal. Em cada área amostrada, foram registradas em GPS as coordenadas de latitude e longitude, para posterior mapeamento. Dados relacionados ao tipo, origem e tratamento do material propagativo, idade do bananal, histórico de uso agrícola da área amostrada, foram registrados em ficha própria.

## PROCESSAMENTO DAS AMOSTRAS

As amostras foram mantidas em geladeira à temperatura de 5°C a 10°C, por no máximo 72 horas, até o início dos procedimentos de extração dos nematóides. Utilizou-se o volume de 100 cm<sup>3</sup> de solo de cada amostra, para a extração dos nematóides segundo a metodologia de Jenkins (1964). A suspensão obtida de cada amostra foi transferida para tubo de ensaio graduado, deixado-se em repouso em geladeira por, no mínimo, 1 hora. Após, reduziu-se o volume da suspensão para 4 ml.

As raízes de cada amostra foram cortadas com tesoura em pedaços de 1-3 cm e misturadas, sendo a massa de 10 g (massa úmida) submetida à trituração, peneiramento e centrifugação, conforme a metodologia de Coolen & D'Herde (1972). A suspensão obtida de cada amostra foi transferida para tubo de ensaio graduado e após uma hora de repouso em geladeira, no mínimo, o volume foi reduzido para 4 ml.

A quantificação e identificação dos nematóides foi realizada utilizando-se lâmina de Peters (1 ml) sob microscópio ótico (Marca Zeiss, Modelo Standart 25), com magnificação de 100 vezes. A densidade populacional de cada gênero, em 100 cm<sup>3</sup> de solo e em 10 g de raízes de cada amostra, foi calculada para o volume de 4 ml de suspensão. A identificação dos gêneros de nematóides foi realizada utilizando a chave de Mai & Mullin (1996). Após, fixou-se os nematóides submetendo-se a suspensão ao banho-maria, à 60°C por 5 minutos, seguido da adição de 4 ml do fixativo Formalina 4% (Tihohod, 2000). Os espécimes fixados foram mantidos na coleção do Laboratório de Nematologia do Centro de Diagnóstico Marcos Enrietti/SEAB-PR. Os dados obtidos foram tabulados, e analisados conforme proposto por Barker *et al.* (1985), obtendo-se as densidades médias, máximas e frequências absolutas dos gêneros. As densidades obtidas em 10 gramas de raízes foram convertidas para 100 g, para a apresentação dos resultados e discussão.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em 153 amostras analisadas constatou-se a presença de 13 gêneros, dentre os quais *Radopholus*, *Helicotylenchus*, *Pratylenchus*, *Meloidogyne*, *Rotylenchulus*, considerados os mais importantes para a bananeira (Tabela 1). Outros gêneros identificados e suas respectivas frequências foram: *Tylenchus* (10% e 32%), *Aphelenchus* (3% e 4%) e *Discocriconemella* (1% e 5%) nas amostras de raízes e solo respectivamente; e *Mesocriconema* (31%), *Xiphinema* (5%), *Trichodorus* (5%), *Scutellonema* (4%) e *Hemicyclophora* (3%) foram identificados apenas nas amostras de solo. Com exceção do gênero *Rotylenchulus*, constatado apenas na região norte, todos os demais ocorreram nas amostras de raízes (Tabela 2).

O gênero *Helicotylenchus*, identificado em 86% das amostras de raízes, foi o mais frequente. A sua densidade média foi de 3.630 espécimes/100 g, a segunda mais elevada (Tabelas 1 e 4). Estes dados demonstram a grande importância do gênero, concordando com os resultados obtidos por Zem (1982) e Souza *et al.* (1999). Apenas na região norte *Helicotylenchus* spp. não alcançou a maior frequência, sendo superado pelos gêneros *Meloidogyne* e *Rotylenchulus* (Tabela 2), sendo que nas amostras de Ibiaporã não foi detectado (Tabela 3).

Nos levantamentos realizados por Zem (1982) e Souza *et al.* (1999), *Meloidogyne* foi o segundo gênero mais frequente nas amostras, resultado também obtido no presente estudo, no qual o

nematóide apresentou freqüências de 70% nas amostras de raízes e em 92% das de solo (Tabela 1). A densidade máxima do gênero (17.480 espécimes/100 g de raízes) foi observada em amostra de Missal, no oeste do estado, e nessa amostra *Radopholus* e *Pratylenchus* não foram detectados e *Helicotylenchus* apresentava baixas densidades (80/100 g).

Tabela 1. Freqüência absoluta, densidade média e densidade máxima dos principais gêneros de nematóides fitoparasitos extraídos de 153 amostras raízes e solo da rizosfera da bananeira (*Musa* spp.), no Paraná.

| NEMATÓIDE                      | FREQUÊNCIA ABSOLUTA (%) |                   | DENSIDADE MÉDIA |      | DENSIDADE MÁXIMA |       |
|--------------------------------|-------------------------|-------------------|-----------------|------|------------------|-------|
|                                | Raiz <sup>2</sup>       | Solo <sup>3</sup> | Raiz            | Solo | Raiz             | Solo  |
| <i>Helicotylenchus</i>         | 86                      | 97                | 3 630           | 215  | 40 800           | 1 480 |
| <i>Meloidogyne</i>             | 70                      | 92                | 980             | 110  | 17 480           | 624   |
| <i>Radopholus</i>              | 47                      | 41                | 5 110           | 23   | 139 000          | 348   |
| <i>Pratylenchus</i>            | 31                      | 23                | 2 150           | 26   | 57 600           | 540   |
| <i>Rotylenchulus</i>           | 7                       | 12                | 40              | 72   | 1 520            | 2 008 |
| Nematóides totais <sup>1</sup> | 97                      | 99                | 1192            | 447  | -                | -     |

<sup>1</sup>Nematóides totais = (*Helicotylenchus* + *Meloidogyne* + *Radopholus* + *Pratylenchus* + *Rotylenchulus*); <sup>2</sup>100 g; <sup>3</sup>100 cm<sup>3</sup>.

Tabela 2. Freqüência absoluta, por região, dos principais gêneros de nematóides fitoparasitos extraídos de amostras de raízes e solo da rizosfera da bananeira (*Musa* spp.), no Paraná.

| GÊNERO                         | REGIÃO             |                   |                    |      |                    |      |
|--------------------------------|--------------------|-------------------|--------------------|------|--------------------|------|
|                                | Litoral            |                   | Norte              |      | Oeste              |      |
|                                | Número de Amostras |                   | Número de Amostras |      | Número de Amostras |      |
|                                | 114                |                   | 17                 |      | 22                 |      |
|                                | Raiz <sup>2</sup>  | Solo <sup>3</sup> | Raiz               | Solo | Raiz               | Solo |
| <i>Helicotylenchus</i>         | 93                 | 98                | 36                 | 68   | 82                 | 100  |
| <i>Meloidogyne</i>             | 68                 | 95                | 45                 | 64   | 82                 | 82   |
| <i>Radopholus</i>              | 50                 | 45                | 14                 | 5    | 55                 | 45   |
| <i>Pratylenchus</i>            | 37                 | 29                | 14                 | 0    | 14                 | 9    |
| <i>Rotylenchulus</i>           | 0                  | 1                 | 45                 | 100  | 0                  | 0    |
| Nematóides totais <sup>1</sup> | 99                 | 98                | 76                 | 100  | 100                | 100  |

<sup>1</sup>Nematóides totais = (*Helicotylenchus* + *Meloidogyne* + *Radopholus* + *Pratylenchus* + *Rotylenchulus*); <sup>2</sup>100 g; <sup>3</sup>100 cm<sup>3</sup>.

Com freqüência absoluta de 47% nas amostras de raízes, *Radopholus* foi o terceiro gênero mais freqüente no estado, resultado concordante com os levantamentos de Zem (1982) e Souza (1999). Apresentou nas raízes a maior densidade média (5.110 espécimes/100 g) e máxima entre todos os gêneros (130.000 espécimes/100 g, em Guaratuba) (Tabela 1). Embora não tenha sido o gênero mais freqüente, foi o que atingiu maiores densidades populacionais (Tabela 4), fato atribuído à sua alta capacidade reprodutiva (Fallas *et al.*, 1995; Costa *et al.*, 1998). Das 153 amostras nas quais o gênero foi identificado, 22 (15%) apresentaram densidades acima de 10.000 espécimes/100g, nível para adoção de medidas de controle (Tarté & Pinochet, 1981, citados por Chávez & Araya, 2001). Na região norte, *Radopholus* não foi identificado nas amostras de Ibiporã e Santa Mariana e, na região oeste, em Missal e Nova Aurora (Tabela 3).

O gênero *Pratylenchus* ocorreu em 31% das amostras de raízes, em densidade média de 2.150 espécimes/100 g. a região do litoral apresentou a maior freqüência (37%) e densidade média (2.860 espécimes/100 g de raízes). Porém está bem distribuído em Guaratuba, onde 78% das amostras de

raízes do município continham o nematóide. Em Guaraqueçaba, das 18 amostras, em apenas uma foi constatado *Pratylenchus* spp. Zem (1982) e Souza *et al.* (1999), também encontraram este gênero em freqüências menores do que as de *Radopholus*, *Meloidogyne* e *Helicotylenchus*. No litoral não ocorreu em nenhuma amostra de São José dos Pinhais e, no oeste não foi detectado nas amostras de raízes e solo de 3 municípios (Tabela 3). *Rotylenchulus* foi identificado em 7% das amostras de raízes do estado e em 12% das amostras de solo. Esse gênero, teve a sua distribuição restrita à região norte, onde ocorreu em 45% das amostras de raízes e em 100% das amostras de solo. Não foi detectado nas amostras de raízes do litoral e do oeste. Baixa freqüência desse gênero já foi relatada para a bananeira (Zem, 1982).

Tabela 3. Freqüência absoluta, por município, dos principais gêneros de nematóides fitoparasitos extraídos de amostras de raízes e solo da rizosfera da bananeira (*Musa* spp.), no Paraná.

| REGIÃO                         | MUNICÍPIO |              |           |          |               |               |        |         |               |              |        |               |              |
|--------------------------------|-----------|--------------|-----------|----------|---------------|---------------|--------|---------|---------------|--------------|--------|---------------|--------------|
|                                | Litoral   |              |           |          |               | Norte         |        |         |               |              | Oeste  |               |              |
| GÊNERO                         | Antonir   | Guaraqueçaba | Guaratuba | Morretes | S. J. Pinhais | Santa Mariana | Andirá | Ibiporã | Foz do Iguazú | Itaipulândia | Missal | Nova Friburgo | S. M. Iguazu |
| Amostras                       | 10        | 18           | 45        | 33       | 8             | 4             | 11     | 2       | 5             | 5            | 5      | 1             | 6            |
| <i>Radopholus</i>              | 30        | 39           | 76        | 30       | 38            | 0             | 27     | 0       | 100           | 80           | 0      | 0             | 50           |
| <i>Meloidogyne</i>             | 30        | 72           | 76        | 64       | 88            | 25            | 73     | 50      | 80            | 100          | 100    | 100           | 67           |
| <i>Pratylenchus</i>            | 30        | 6            | 78        | 9        | 0             | 25            | 18     | 0       | 0             | 20           | 0      | 0             | 33           |
| <i>Helicotylenchus</i>         | 100       | 94           | 89        | 94       | 100           | 25            | 64     | 0       | 100           | 80           | 80     | 100           | 67           |
| <i>Rotylenchulus</i>           | 0         | 0            | 0         | 0        | 0             | 25            | 82     | 0       | 0             | 0            | 0      | 0             | 0            |
| Nematóides Totais <sup>1</sup> | 100       | 100          | 100       | 97       | 100           | 25            | 100    | 50      | 100           | 100          | 100    | 100           | 100          |

<sup>1</sup>Nematóides totais = (*Helicotylenchus* + *Meloidogyne* + *Radopholus* + *Pratylenchus* + *Rotylenchulus*)

Com relação aos dois principais grupos genômicos das plantas amostradas (Tabela 5), as freqüências e densidades médias dos gêneros *Helicotylenchus*, *Meloidogyne* e *Rotylenchulus* foram semelhantes, tanto nas raízes como no solo, mas diferiram nas densidades máximas observadas, maiores nos cultivares AAA. Nas cultivares AAB, a freqüência e densidade e média de *Radopholus* foi menor do que nos cultivares AAA. A existência de fontes de resistência moderadas a esse nematóide nos cultivares do grupo AAB foi verificada por Costa (1998). Além de plantas desses grupos, plantas da cultivar ouro (grupo AA) foram amostradas e, nas cinco amostras analisadas, nenhuma delas apresentou o gênero *Radopholus* e somente em uma delas constatou-se a presença de *Pratylenchus* spp.

Tabela 4. Freqüência dos nematóides segundo as densidades populacionais por 100g de raízes em 153 amostras de banana (*Musa* spp.), no Paraná.

| DENSIDADE       | GÊNERO            |                    |                     |                        |                      | Nematóides Totais <sup>1</sup> |
|-----------------|-------------------|--------------------|---------------------|------------------------|----------------------|--------------------------------|
|                 | <i>Radopholus</i> | <i>Meloidogyne</i> | <i>Pratylenchus</i> | <i>Helicotylenchus</i> | <i>Rotylenchulus</i> |                                |
| 0               | 81                | 46                 | 105                 | 21                     | 143                  | 5                              |
| 1 a 2.500       | 41                | 89                 | 25                  | 79                     | 10                   | 43                             |
| 2.501 a 5.000   | 6                 | 10                 | 9                   | 21                     | 0                    | 29                             |
| 5.001 a 10.000  | 3                 | 7                  | 6                   | 16                     | 0                    | 26                             |
| 10.001 a 20.000 | 10                | 1                  | 1                   | 10                     | 0                    | 26                             |
| 20.001 a 50.000 | 9                 | 0                  | 6                   | 6                      | 0                    | 16                             |
| > 50.000        | 3                 | 0                  | 1                   | 0                      | 0                    | 8                              |

<sup>1</sup>Nematóides totais = (*Helicotylenchus* + *Meloidogyne* + *Radopholus* + *Pratylenchus* + *Rotylenchulus*);

<sup>2</sup>100 g; <sup>3</sup>100 cm<sup>3</sup>.

Tabela 5. Frequência, densidade média e máxima dos principais nematóides fitoparasitos extraídos das raízes da bananeira (*Musa AAA*) e (*Musa AAB*) de municípios do Paraná.

| Nematóide              | Frequência (%)          | Densidade |         | Frequência (%) | Densidade               |        |
|------------------------|-------------------------|-----------|---------|----------------|-------------------------|--------|
|                        |                         | Média     | Máxima  |                | Média                   | Máxima |
|                        | Musa AAA <sup>(1)</sup> |           |         |                | Musa AAB <sup>(2)</sup> |        |
| Raízes (100 g)         |                         |           |         |                |                         |        |
| <i>Helicotylenchus</i> | 86                      | 3 270     | 40 800  | 83             | 5 970                   | 24 560 |
| <i>Meloidogyne</i>     | 73                      | 1 010     | 17 480  | 61             | 1 040                   | 6 520  |
| <i>Radopholus</i>      | 55                      | 6 200     | 139 000 | 13             | 330                     | 4 640  |
| <i>Pratylenchus</i>    | 30                      | 2 090     | 6 520   | 39             | 2 940                   | 38 030 |
| <i>Rotylenchulus</i>   | 6                       | 40        | 1 520   | 9              | 30                      | 480    |

(1) 124 amostras. (Nanica, Nanicão, Grande Naine).

(2) 23 amostras. (Maça, Prata, Pacovan).

Através deste levantamento, nas três regiões produtoras de banana do Paraná, constatou-se a presença dos gêneros *Radopholus*, *Helicotylenchus*, *Meloidogyne*, *Pratylenchus* e *Rotylenchulus*, considerados os principais nematóides fitoparasitos da bananeira. *Helicotylenchus* foi o mais frequente e *Radopholus* o mais abundante. Das 153 amostras analisadas, 50 (32%) apresentaram densidades totais de nematóides maiores do que 10.000 espécimes/100 g de raiz. Presença de galhas, lesões, necroses nas raízes e tombamento de plantas também foram constatados, porém não foram mensurados. A partir dos resultados obtidos pode-se definir estudos prioritários para ampliar o conhecimento sobre a ocorrência, danos e manejo de nematóides na cultura da bananeira no Paraná.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Araya, M. & Cheves, A. 1997. Efecto del punto de muestreo sobre la cantidad de raíces y las densidades poblacionales de los fitonematodos presentes en hijos de sucesión de plantas de banano (*Musa AAA*). *Agronomía Costarricense* v. 21, n. 2, p. 279-284.
2. Barker, K.R. 1985. Sampling nematode communities. In: Barker, K.R., Carter, C.C. & Sasser, J.N. (Eds.) *An advanced treatise on Meloidogyne*, v.2. Methodology. Raleigh. North Carolina State University Graphics. pp.3-17.
3. BRIDGE, J.; R. FOGAIN ; P. SPEIJER. 1997. The root lesion nematodes of banana, *Pratylenchus coffeae* (Zimmermann, 1898) Fili. & Schu., 1941 and *Pratylenchus goodeyi* Sher & Allen, 1953. INIBAP *Musa Pest Fact Sheet*, 2. 4p.
4. Carlier, J.; De Waele, D.; Escalant, J.V. 2003. Global evaluation of *Musa* germplasm for resistance to Fusarium wilt, Mycosphaerella leaf spot diseases and nematodes. Performance evaluation (A. Vézina and C. Picq, eds). INIBAP Technical Guidelines 7. Montpellier, France.
5. Chávez, C. & Araya, M. 2001. Frecuencia y densidades poblacionales de los nematodos parásitos de las raíces del banano (*Musa AAA*) en Ecuador. *Nematropica*, v. 31, n. 1, p. 25-36.
6. Coolen, W. A. & D'Herde C. J. 1972. A Method for the quantitative extraction of nematodes from plant tissue. *Ghent State Nematology and Entomology Research Station*, 77p.
7. Costa, D.C.; Silva, S. O.; Alves, F. R. 1998. Reação de genótipos de bananeira (*Musa* spp.) a *Radopholus similis* e *Meloidogyne incognita*. *Nematologia Brasileira*, v. 22, n. 2, p. 48-57.
8. Costa-Manso, E. S.B.G. Tenente, R. C. V.; Ferraz, L. C.C. B.; Oliveira, R. S.; Mesquita, R. 1994. Catálogo de nematóides fitoparasitos encontrados associados a diferentes tipos de plantas no Brasil. Brasília: EMBRAPA, 488 p.
9. Davide, R. G. 1996. Overview of nematodes as limiting factor in *Musa* production. In: *New frontiers in resistance breeding for nematode, fusarium and sigatoka*. INIBAP, Montpellier France. Pp 27-31.
10. Davide, R. G. 2003. Nematode survey and collection of samples. In: *Towards management of Musa nematodes in Asia and the Pacific*. Cruz Jr, F.S., I. Van den Bergh, D. De Waele, D.M. INIBAP, Los Baños, Laguna, Philippines. Pp 3-6.
11. De Waele, D.; Davide, R. G. 1998. The root-knot nematodes of banana, *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White, 1919) Chitwood, 1949, and *Meloidogyne javanica* (Treub, 1885) Chitwood, 1949. INIBAP *Musa Pest Fact Sheet* 3. 4p.
12. Embrapa, 2002. Distribuição Geográfica de Nematóides no Brasil. Disponível em: <http://icewall2.cenargen.embrapa.br:83/nemweb/nemhtml/nmbd02a.asp>. Acesso em 03/04/2006.



13. Gowen, S. R. 1979. Some considerations of problems associated with the nematode pests of bananas. *Nematropica*, v. 9, n. 1, p. 79-91.
14. Gowen, S., Quénéhervé, P. 1990. Nematodes parasites of bananas, plantains and abaca. In: Plant parasitic nematodes in subtropical e tropical agriculture. Luc, M., Sikora, R. A., Bridge, J. (eds.) Wallingford, UK. CAB International. Pp. 431-460.
15. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2004. Produção Agrícola Municipal. Culturas temporárias e permanentes. Vol 31. Rio de Janeiro: IBGE. 133 p. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/pam/2004/pam2004.pdf>. Acesso em: 12 set. 2005.
16. Iparde;Ipar. 2005. Identificação de gargalos tecnológicos da agricultura familiar: subsídios e diretrizes para uma política pública: sumário executivo. Curitiba. 43p. Disponível em: [http://www.ipardes.gov.br/publicacoes/publicacoes\\_estudos.php](http://www.ipardes.gov.br/publicacoes/publicacoes_estudos.php). Acesso em 15 mar. 2006.
17. Jenkins, W.R. 1964. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. *Plant Disease Reporter*, Washington, v. 48, n. 9, p 692.
18. Mai, W. F.; Mullin, P. G. 1996. Plant parasitic nematode. A Pictorial Key to Genera, 5<sup>th</sup> Ed. Cornell University Press, Ithaca, New York.
19. Mcsorley, R. & Parrado, J.L. *Helicotylenchus multicinctus* on bananas: an international problem. *Nematropica*, v. 16, n. 1, p. 73-91, 1986.
20. Miranda, M.; Andrade, P. F.; Christophoro, P. R.; Costa, J. C.; Dietchfield, D.; Gusi, L.D.; Ikeda, P.; Maccari Jr., A.; Miranda, G. M.; Rampazzo, E.F. 1997. Estudo da cadeia produtiva da banana no Estado do Paraná. In: Seminário nacional sobre prospeção tecnológica, Brasília, 1997. Anais...Brasília, Embrapa/Cnpq, p. 74-75.
21. O'Bannon, J. H. Worlwide Dissemination of *Radopholus similis* and its importance in crop production. 1977. *Journal of Nematology*. v. 9, n. 1, p. 16-25.
22. SANTOS, B. B. ; SILVA, L. A. T. . Ocorrência de nematóides do gênero *Meloidogyne* Goeldi, 1887 (Nematoda, Heteroderidae) em algumas plantas cultivadas do Estado do Paraná, Brasil.. *Revista de Agricultura*, Piracicaba, SP, v. 59, n. 1, p. 21-26, 1984.
23. Sarah, J.L., Pinochet, J; Stanton, J. 1996. The burrowing nematode of bananas, *Radopholus similis* Cobb, 1913. INIBAP Musa Pest Fact Sheet, 1. 2 p.
24. Souza, J.T.; Maximiniano, C.; Campos, V. P. 1999. Nematóides associados à plantas frutíferas em alguns estados brasileiros. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 23, n. 2, p. 353-357.
25. Tifohod, D. 2000. *Nematologia agrícola aplicada*. 2. ed. Funep, Jaboticabal- SP. 473 p.
26. Zem, A.C. 1982. Problemas nematológicos em bananairas (*Musa* spp.) no Brasil (Contribuição ao seu conhecimento e controle). Piracicaba: ESALQ/USP. 140p. (Tese de Doutorado).

## **ORIGEN Y COMPOSICION DE LOS ACEITES MINERALES: INFLUENCIA SOBRE LA CALIDAD DE PRODUCCION Y EL RESPETO DEL MEDIOAMBIENTE**

### **ORIGIN AND COMPOSITION OF MINERAL SPRAY OILS: INFLUENCE ON PRODUCTION QUALITY AND RESPECT OF THE ENVIRONMENT**

### **ORIGINE ET COMPOSITION DES HUILES MINERALES : INFLUENCE SUR LA QUALITE DE LA PRODUCTION ET LE RESPECT DE L'ENVIRONNEMENT**

Eric Bureau<sup>1</sup>

#### **RESUMEN**

La producción bananera se enfrenta a la necesidad de responder a lo que hoy en día constituye uno de sus principales retos : la consecución de una producción de alta calidad ligada al respeto del medioambiente. Consciente de estas prioridades, TOTAL ha basado sus investigaciones en torno a las propiedades físico-químicas que permiten conciliar el respeto al medioambiente y ofrecer la máxima eficacia asociada con la ausencia de fitotoxicidad. Los principales parámetros a tener en cuenta son el rango de destilación, el punto medio de destilación , el residuo insulfonado, el contenido en parafinas, la distribución de átomos de carbono, y la biodegradabilidad. El equilibrio adecuado de estos parámetros permite el desarrollo de un aceite de óptima eficacia tanto en el marco de los tratamientos fungicidas asociados con un soporte oleoso, como en tratamientos específicos con aceite en el caso de las producciones orgánicas. El resultado permite optimizar el control de la Sigatoka negra y responder a la preocupación común de proteger el medio que nos rodea.

Palabras clave: Aceite mineral, Sigatoka negra, residuo insulfonado, fitotoxicidad, destilación, átomos de carbono, parafinas, biodegradabilidad.

#### **SUMMARY**

The assurance of quality production associated with the respect of the environment are key criteria for banana production. TOTAL has therefore oriented its research towards the physico-chemical characteristics compatible with these environmental concerns together with improved performance towards phytotoxicity. Our studies have shown that the key parameters are: Distillation range, associated with mid-distillation point, Unsulphonated residues, Paraffinic content, Carbon atom distribution and biodegradability. The optimum balance of these parameters allows to produce a more effective oil for both in oil fungicide applications and specific oil applications associated with organic productions in the framework of Black Sigatoka control. This resulting oil allows an improved control strategy in addition to being more respectful of the environment.

Keywords: Mineral oil, black sigatoka, phytotoxicity, distillation, biodegradation.

#### **RESUME**

La garantie d'une production de qualité associée au respect de l'environnement constitue actuellement un enjeu majeur pour la production bananière. TOTAL a ainsi orienté sa recherche sur les caractéristiques physico-chimiques permettant de garantir le respect de l'environnement tout en offrant une meilleure efficacité alliée à l'absence de phytotoxicité. Il ressort de nos études que les paramètres clefs à prendre en compte sont les paramètres liés à la distillation, comme l'intervalle de distillation associé au point 50%, la teneur en résidu insulfonable, la teneur en paraffines, la distribution des atomes de carbone et la biodégradabilité. L'équilibre adéquat de ces paramètres permet la mise au point d'une huile d'efficacité optimale tant pour les traitements fongicides associés à un support huileux, que pour les traitements spécifiques à l'huile en productions organiques, dans le cadre de la lutte contre la Cercosporiose noire du bananier. Le résultat autorise une stratégie de lutte mieux maîtrisée et plus respectueuse de l'environnement.

<sup>1</sup> Spray Oil Manager, TOTAL FLUIDES - 51 Esplanade du Général de Gaulle, La Défense 10, 92907 Paris - La Défense Cedex, France.eric.bureau@total.com

## INTRODUCCION

La producción bananera se enfrenta a la necesidad de responder a lo que hoy en día constituye uno de sus principales retos: la consecución de una producción de alta calidad ligada al respeto al medio ambiente. Consciente de estas prioridades, TOTAL ha basado sus investigaciones en torno a las propiedades físico-químicas que permiten conciliar respeto al medio ambiente y ofrecer la máxima eficacia asociada con la ausencia de fitotoxicidad. Los principales parámetros a tener en cuenta son el rango de destilación, el punto medio de destilación, el residuo insulfonable, el contenido en parafinas, la distribución de átomos de carbono y la biodegradabilidad. El equilibrio adecuado de estos parámetros permite el desarrollo de un aceite de óptima eficacia, tanto en el marco de los tratamientos fungicidas asociados con un soporte oleoso, como en tratamientos específicos con aceite en el caso de producciones orgánicas. El resultado permite optimizar el control de la Sigatoka negra y responder a la preocupación común de proteger el medio que nos rodea.

## ACEITES MINERALES: INFLUENCIA SOBRE LA CALIDAD DE PRODUCCION Y EL MEDIO AMBIENTE.

Dentro de la producción comercial de los cultivos se debe brindar productos que ayuden a controlar enfermedades y plagas a las que se puedan ver expuestos. Uno de los principales problemas fitopatológicos de tal producción es la enfermedad foliar conocida como Sigatoka negra, cuya causa es el hongo *Mycosphaerella fijiensis* MORELET. El uso de aceite agrícola y fungicidas de contacto, penetrantes y sistémicos constituyen la base de los tratamientos químicos en la lucha contra el parásito.

La calidad del aceite agrícola es fundamental porque funciona como agente fungistático y vehículo del fungicida destinado a controlar la enfermedad. Debe permitir incrementar la duración de contacto y la penetración del fungicida al nivel de los estómatos, a la vez que forma una película oleosa que impide el desarrollo del hongo (efecto penetrante y fungistático).

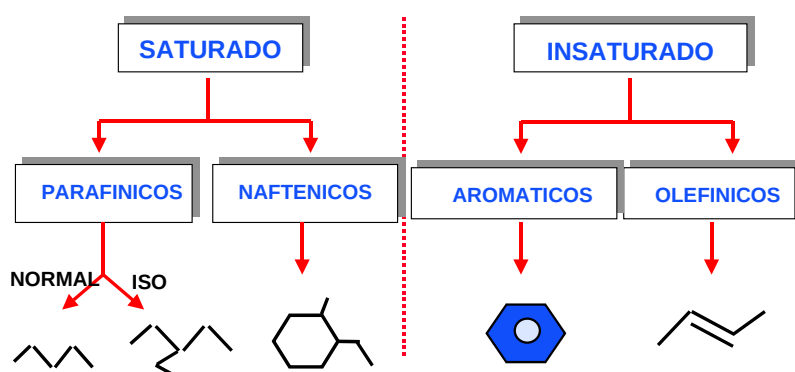
Desde esta óptica, los parámetros físico-químicos esenciales a tener en cuenta en la elaboración de un aceite agrícola, son los siguientes:

- El residuo insulfonable.
- El contenido en parafinas.
- El rango de destilación 10-90%.
- El punto medio de destilación 50%.
- La distribución de átomos de carbono.
- La biodegradabilidad.

## ORIGEN Y COMPOSICION DE LOS ACEITES MINERALES

El crudo petrolífero, a pesar de tratarse de una compleja mezcla de numerosos componentes, consiste principalmente en hidrocarburos. El tipo, proporción y la específica composición de cada uno de los componentes presentes en el crudo generalmente varían según su origen. De acuerdo a su composición química los hidrocarburos pueden presentar las siguientes estructuras:

- Cadenas lineales (componentes parafínicos),
- Estructuras cíclicas (componentes nafténicos)
- Estructuras cíclicas alternando enlaces dobles con enlaces simples (aromáticos).
- Cadenas lineales con enlaces dobles (componentes olefínicos).



Las combinaciones entre estos distintos tipos de hidrocarburos dan origen a distintas clases de aceites. Las denominaciones de aceites “parafrínicos”, “nafténicos” o “aromáticos”, no expresan una composición única, sino la preponderancia de ciertos hidrocarburos.

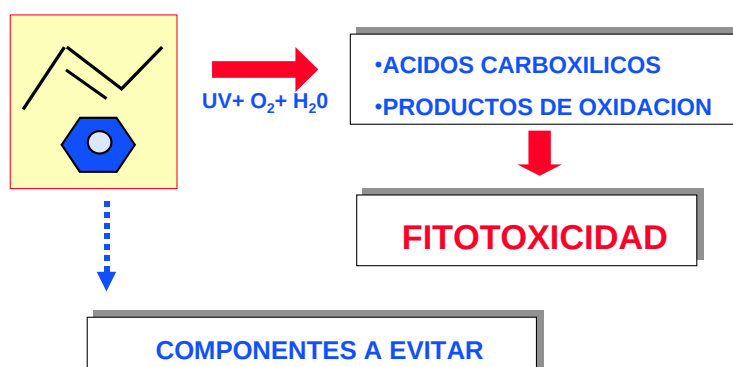
El primer tratamiento que recibe el crudo petrolífero, es el paso por una torre de destilación, donde se le expone a elevadas temperaturas. Mediante este proceso se separan sus componentes de acuerdo a su grado de volatilidad y cada fracción resultante se denomina “corte”.

#### RESIDUO INSULFONABLE (RIS)

El residuo insulfonable es una medida representativa de ciertos componentes fitotóxicos que permanecen después de los procesos de destilación y refino. Las investigaciones en torno a los riesgos de fitotoxicidad causada por aceites han establecido la relación existente entre los componentes insaturados/aromáticos y el daño causado a las plantas, demostrando que el daño observado era causado por la presencia de sustancias en el aceite que eran extraíbles por ácido sulfúrico.

Cuando el aceite se le trata con ácido sulfúrico concentrado, los hidrocarburos aromáticos y olefínicos se sulfonan, es decir, fijan el ácido sulfúrico. Los componentes presentes más activos, incluyendo los hidrocarburos insaturados, serán absorbidos por el ácido. El volumen de aceite no absorbido constituye el residuo insulfonable (ASTM D 483).

Los componentes aromáticos y olefínicos son responsables de la fitotoxicidad aguda (1,2). Estas moléculas, bajo el efecto conjunto de los rayos UV, del agua y del oxígeno presentes en la atmósfera, se descomponen en ácidos carboxílicos, los cuales ocasionan quemaduras sobre los tejidos de la planta. Adicionalmente, las moléculas aromáticas ocasionan toxicidad en el medio ambiente y son cancerígenas. Por lo tanto, la presencia de las mismas debe ser limitada.



Un aceite con un bajo residuo insulfonable contiene un alto porcentaje de componentes inestables y es potencialmente fitotóxico. Hoy en día, está claramente demostrado que un aceite agrícola de calidad debe tener, como mínimo, un residuo insulfonable superior al 92 % Vol. y, cuanto mayor sea este parámetro, menor porcentaje de componentes inestables contendrá.

| ASTM D 483 | BANOLE HV | BSO1* | BSO2* | BSO3* |
|------------|-----------|-------|-------|-------|
| RIS % .VOL | 97        | 95.4  | 93.8  | 90    |

\* BSO=Aceites del mercado.

Dentro de la terapéutica vegetal, **BANOLE HV** ofrece uno de los mas altos niveles de residuos insulfonables del mercado.

#### CONTENIDO PARAFINICO (C<sub>P</sub>)

El contenido parafínico representa el porcentaje de átomos de carbono existente en la estructura parafínica del aceite. Cuanto más parafínico es el aceite, menos componentes aromáticos contiene. Las parafinas, gracias a su estructura molecular, permiten una buena afinidad química entre el aceite y la cutícula de las hojas del banano, facilitando la penetración del fungicida sistémico y mejorando su eficacia (efecto coadyuvante).

Por otra parte, el aceite agrícola contribuye a disminuir el desarrollo de la enfermedad actuando directamente sobre el hongo, interrumpiendo el desarrollo del micelio, (efecto fungistático), sin causar, por otro lado, efectos nefastos al crecimiento de la planta y al rendimiento. El efecto fungistático es un efecto a corto plazo (3).

Un aceite agrícola de calidad debería presentar un contenido en parafinas lo mas elevado posible ya que mayor es el efecto fungistático o plaguicida (4,5).

|                         | BANOLE HV* | BSO1* | BSO2* | BSO3* |
|-------------------------|------------|-------|-------|-------|
| Cp (%)<br>(ASTM D 2140) | 75.5       | 67.5  | 60.6  | 65.3  |

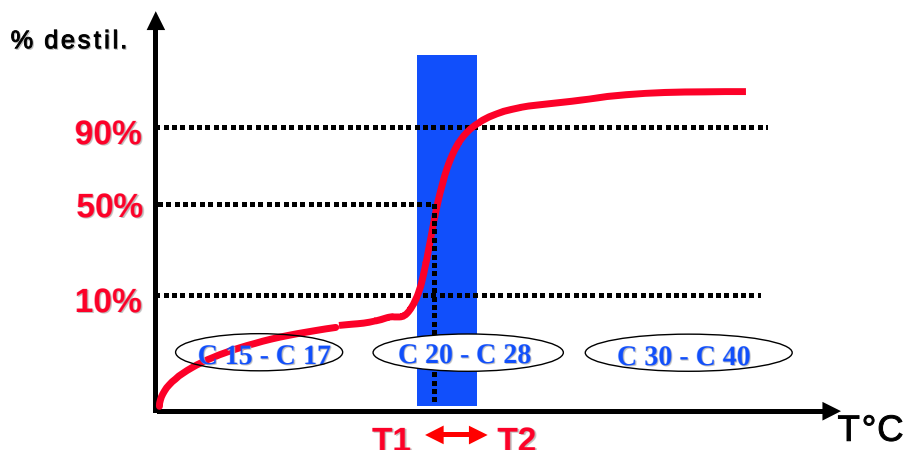
BSO = aceites del mercado

Las parafinas que componen el **BANOLE HV** facilitan la difusión del ingrediente activo a través de la cutícula y mejora de esta forma su eficacia. Asimismo favorecen una buena distribución y adherencia de las gotas de la mezcla.

#### RANGO DE DESTILACION

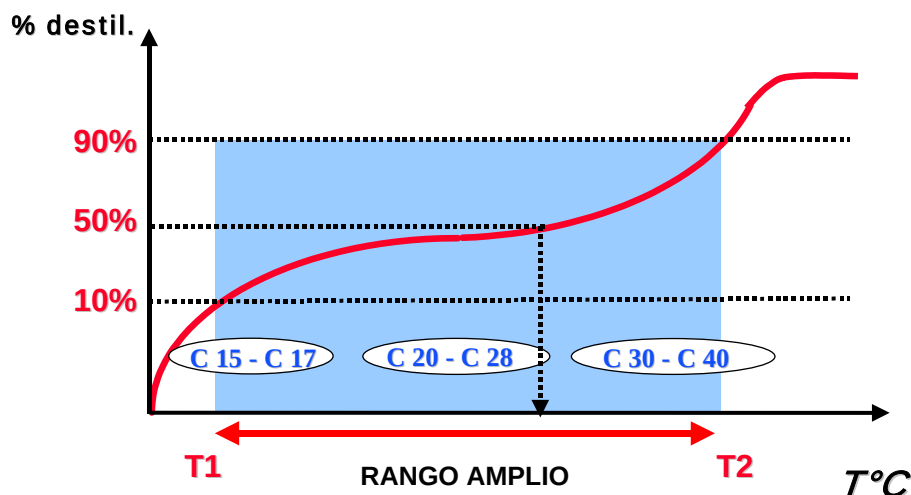
Las características de la destilación constituyen el criterio más útil a la hora de identificar los diferentes tipos de aceites agrícolas. Dichas características son evaluadas con el método ASTM D 1160. Los parámetros utilizados son el punto medio 50% y el rango de temperaturas 10 - 90 %. El primero nos indica la temperatura a la cual destila el 50% del aceite y nos informa acerca de su grado de volatilidad, mientras que el segundo identifica el rango de temperatura necesario para destilar de 10 al 90 % del aceite.

- Un aceite con un **rango estrecho** de destilación es representativo de una elevada homogeneidad en su composición molecular.





- Un aceite con un **rango amplio** de destilación es propio de un aceite con una composición molecular poco homogénea, siendo una combinación de fracciones ligeras, medianas y pesadas. Las fracciones ligeras no aportan ningún efecto plaguicida mientras que las fracciones más pesadas ocasionan una acumulación del aceite sobre la planta durante los tratamientos sucesivos incrementando el riesgo de fitotoxicidad crónica.



La fitotoxicidad crónica, al contrario de la fitotoxicidad aguda, no se observa inmediatamente sino a medio plazo traduciéndose en caídas de rendimientos (reducción de la longitud y del grado de los dedos, ...).

Un aceite agrícola de calidad debe **conseguir un balance óptimo** entre estos dos parámetros ya que un aceite con una rango estrecho y con un punto medio 50% alto es indicativo de un aceite homogéneo pero de baja volatilidad por tanto de mayor persistencia sobre la planta con el consiguiente riesgo de acumulación y fitotoxicidad.

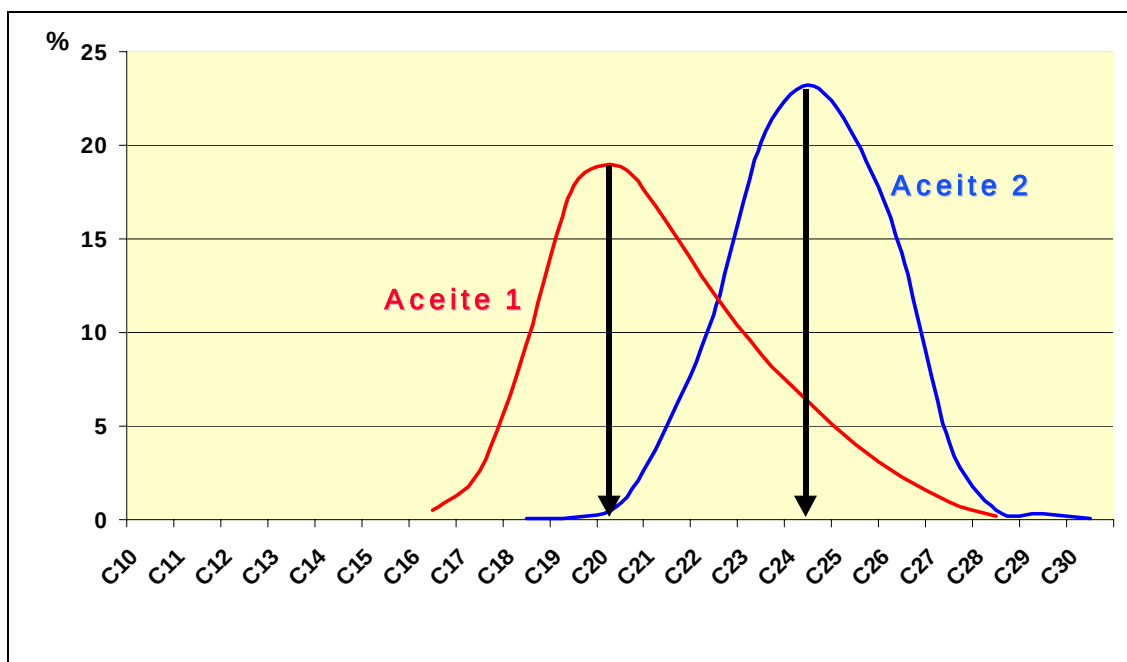
Experimentos realizados (7) han venido a establecer que el grado de fitotoxicidad causado por el uso de aceites agrícolas depende además de otros factores: la época del tratamiento, la dosis de aplicación, tipo de cultivo y la climatología.

La influencia de aceites de punto medio 211, 224 y 240 °C sobre la fitotoxicidad y la calidad del fruto (rendimientos,...) ha sido estudiada por G.O Furness (8). El autor destaca que, en épocas de "estrés hídrico" (temporada cálida), los mejores resultados se han obtenido con el aceite de punto medio más bajo.

El alto refinado y la selección adecuada del corte de destilación del **BANOLE HV** consigue un equilibrio óptimo entre ambos parámetros.

## DISTRIBUCION DE CARBONOS

Como anteriormente se ha mencionado, un aceite es una combinación entre distintos tipos de hidrocarburos; en el caso de un aceite parafínico, la preponderancia de las moléculas que lo constituyen son de estructura lineal (cadenas). El peso molecular medio del aceite depende del tamaño de las moléculas hidrocarbonadas y de su proporción en el aceite. El peso molecular medio está directamente relacionado con el rango de destilación ya que las moléculas de mayor tamaño destilan a temperaturas superiores que las moléculas más pequeñas (en el caso del gráfico n°4, el aceite n°1 es más ligero que el aceite n°2).



El conocimiento específico del tamaño de dichas cadenas, es hoy en día de mayor importancia ya que numerosos estudios han relacionado la eficacia plaguicida con el tamaño de las moléculas parafínicas (C18,C19,C20,...) (6).

Sobre la base de estudios realizados por científicos, las moléculas, en la estructura parafínica con cadenas hidrocarbonadas comprendidas entre C20 y C26, se sitúan en la zona óptima. (6,9,10).

La adecuada proporción de cadenas situadas entre C18 y C19, del **BANOLE HV**, contribuyen a aligerar su composición química, lo que permite en cierta medida potenciar aún más el efecto penetrante del fungicida.

## BIODEGRADABILIDAD

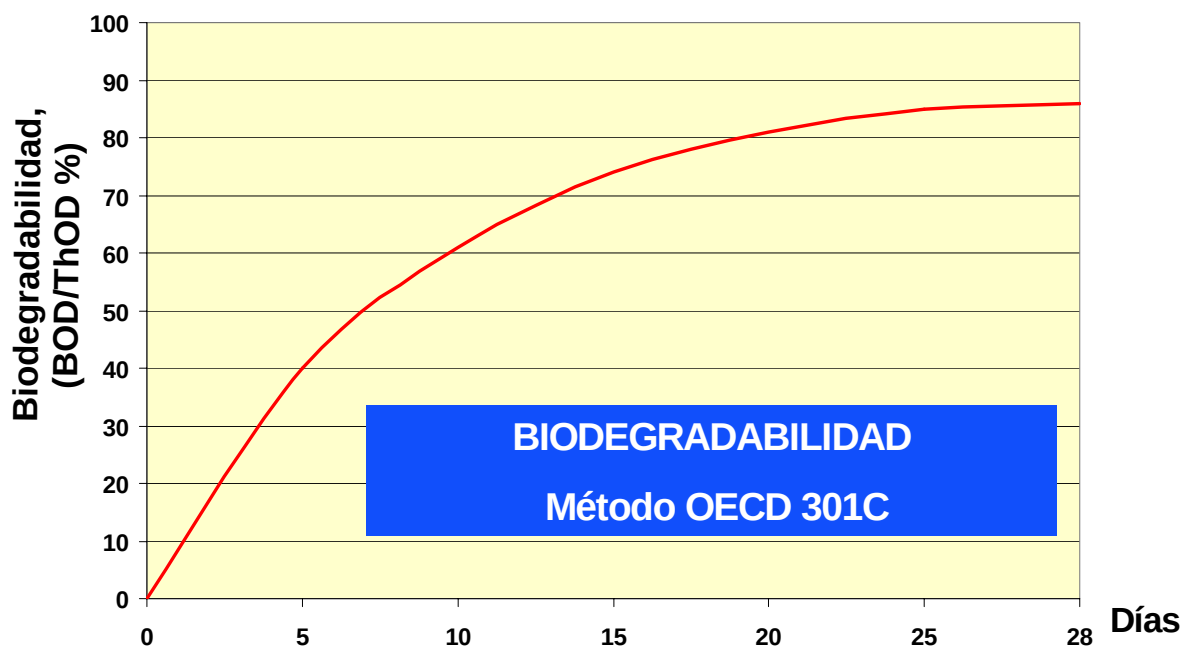
Intervenir en la sociedad a fin de mejorar las condiciones de nuestro medio ambiente exige una implicación consciente y persistente por parte de todos. La concienciación creciente y la legislación resultante han subrayado la necesidad de salvaguardar la integridad de nuestro entorno para las futuras generaciones. Se trata, a fin de cuentas, de asumir la obligación de proteger nuestro entorno vital y la necesaria sensibilización en torno a ello.

El proceso empresarial debe ser consciente de sus responsabilidades hacia el medio ambiente transformando la voluntad de actuar en una acción solidaria efectiva.

**TOTAL** pone, con el aceite **BANOLE HV**, a disposición de las compañías bananeras un instrumento efectivo para lograr este objetivo. La protección del medio ambiente en nuestro campo de acción implica asegurar la biodegradabilidad de los productos utilizados.

La biodegradación es la descomposición de una sustancia por parte de microorganismos en elementos minerales y orgánicos reciclables, es decir, asimilables por el medio natural o por otros organismos.

**BANOLE HV** es un aceite respetuoso del medio ambiente ya que su biodegradabilidad, según el test OCDE 301C, expresado por la ratio "BOD/ThOD (Consumo Bioquímico en Oxígeno/ Consumo Químico en Oxígeno) es del 86% después de 28 días.



(Test realizado por Imperial Chemical Industries PLC group Environmental Laboratory – Brixham Devon UK de acuerdo con la guía de la OECD N°301 C (Version del Reino Unido))

## CONCLUSION

Con el aceite **BANOLE HV** la compañía **TOTAL** ofrece a la industria bananera un aceite agrícola de calidad, que cumple con los parámetros físico-químicos mas exigentes, comprometiéndose con el cuidado de la planta y el respeto al medio ambiente.

Además de los parámetros desarrollados anteriormente, existen otras características inherentes a un aceite de calidad, y no ciertamente menos importantes, que traducen la pureza y el alto nivel de refinado de un aceite agrícola como por ejemplo el contenido en azufre, acidez etc.,...

|                                 | BANOLE HV | BSO1*   | BSO2*    |
|---------------------------------|-----------|---------|----------|
| Contenido en Azufre ASTM D 3120 | <10ppm    | 780 ppm | 1500 ppm |

\* Aceites del mercado

**TOTAL** tiene como objetivos prioritarios la consecucion de la calidad, la seguridad y el medio ambiente, trabajando según los estándares ISO 9002 e ISO 14001. Reconocimientos de AFAQ a los Fluidos Especiales atestiguan los esfuerzos permanentes por alcanzar altas cuotas en calidad y seguridad para el usuario y el entorno natural.

El Banole se produce en sus refinerías situadas en el norte de Europa y en los Estados Unidos. **TOTAL** tiene contratos con inspectores independientes de nivel internacional para el control sistemático de su transporte y almacenamiento, ofreciendo optimas condiciones de logística para la zona Latinoamericana y del Caribe, asi como en todas las zonas del mundo en que la producción del banano y plátano constituyen una de las actividades socio-económicas más importantes.

## BIBLIOGRAFIA

1. Gray, G.P & de Ong, E.R. 1926. California petroleum insecticides.mInd. Engineer. Chem. 18:175-80.
2. Volck, W.H. 1929. U.S Patent Nos. 1, 707, 465-8.
3. Meredith, D.S. 1970., Banana leaf spot diseases (Sigatoka) caused by *Mycosphaerella musicola*, leach. Phytopathological papers No.11. Commonwealth Mycological Institute(England): 174p.
4. Pearce, Chapman, P.J and Avens, A.W. 1942. The efficiency of dormant type oils in relation to their composition. J. Econ. Entomol. 35(2): 211-220.
5. Pearce and Chapman, 1952. Insecticidal efficiency of petroleum fractions and syntheticisoparaffins. Advances in Chem. Ser. 7:12-24.

6. Chapman, P.J. 1967. Petroleum oils for the control of orchard pests. New York State Agri. Exper. Sta. Bul. No. 814; Geneva, N.Y.; 2/67.
7. Riehl, L.A.; Wedding, R.T.; ; Rodríguez, J.L. 1956 . *J. Econ. Entomol.* 49,376
8. Furness, G.O and Maelzer, D.A., 1981. The phytotoxicity of narrow distillation range petroleum spray oils to valencia orange trees in South Australia. Part I: The influence of distillation temperature and spray timing on yield and alternate cropping. *Pesticide Science*. 12: 593-602.
9. Furness, G.O, 1981. The phytotoxicity of narrow distillation range petroleum spray oils to valencia orange trees in South Australia. Part II: The influence of distillation temperature and spray timing on fruit quality. *Pesticide Science*. 12: 603-608.
10. Furness, G.O, 1981. The phytotoxicity of narrow distillation range petroleum spray oils to valencia orange trees in South Australia. Part III: The influence of distillation temperature and spray timing on leaf drop. *Pesticide Science*. 12: 609-613.
11. Trammel, K and Simanton, w.A. 1966<sup>a</sup>. Properties of spray oils in relations to effect on citrus trees in Florida. *The Citrus Industry* December 1966: 5-8 and 18-20.12.
12. Madsen, H.F. and Williams, K. 1967. Control of the pear psylla with oils and oil/insecticides combinations. *J. Econ. Entomol.*60(1): 121-124

## POSSIBLE TRANSATLANTIC ADAPTATIONS OF BANANAS BASED ON GONDWANALAND CONCEPTS AND RECENT DEVELOPMENTS IN CROP MANAGEMENT IN SOUTH WESTERN CAMEROON

### POSSÍVEIS ADAPTAÇÕES TRANSATLÂNTICAS DE BANANEIRAS BASEADAS EM CONCEITOS GONDWANALÂNDIANOS E RECENTES PROGRESSOS NO MANEJO DA CULTURA NO SUDOESTE DE CAMARÕES

Patrick Sama-Lang<sup>1</sup>

#### RESUME

ADAPTATIONS TRANSATLANTIQUE DES BANANIERES: Deux travaux bien lié, un étant un projet de recherche, l'autre étant les résultats des travaux récent de recherches au Cameroun. Des possibilités transatlantiques pour adapter des bananiers cultivés autour des concepts et principes liant le Gondwana forment partie d'un projet nécessitant des partenaires transatlantique et aussi biens des sponsors pour la production rentable. Des travaux récent au Cameroun dans la partie sud Ouest montrent des exemples importantes sur *Musa* sp. et des cultivars observés.

Keywords: adaptation, distribution, *Musa* spp.

#### INTRODUCTION.

Cultivars of *Musa* sp. (plantains and bananas like the Cavendish subgroup (*Grande naine* f.i) show adaptations to different environments (2 and 4). Bananas in general and plantains in particular remain major commodities in the agricultural production sector of Cameroon. Plantains ensure food security for the rural masses and is locally consumed and locally produced and is sold in the local and regional markets based on different provenances (4). Its production in Cameroon is estimated at 1,2 million tons. For West and Central Africa it is estimated at 8 million tons (about 45% of the world production), 2. This implies that a strong production pole exist in Cameroon and its environs including the Congo basin. The environment therefore creates great production potential (3 and 5) that can enable an increase in the existing performances of the crop comparable to other tropical areas like across the Atlantic ocean. Taking into consideration a wide yield margin observed, it is necessary to document present performances using yields and other production conditions. This is especially within the mandate of the African Research Centre on Banana and Plantains (CARBAP), 2 and especially on soil, plant and atmosphere interaction (3) and in relationships that overlap in to all its programmes (genetics, pest and diseases, agronomy and socio-economics (2). This can be compared with parallel areas and works in tropical and subtropical areas (5). It is possible if Gondwanaland concepts that indicate that the whole world was once a single block (6) are recalled. It is intended to begin by using the Atlantic divide in transatlantic collaborations and correlations.

Two interrelated works, one is a project being proposed, the other recent research activities in Cameroon are being proposed. Possible transatlantic adaptations of banana cultivars based on the Gondwanaland concepts forms part of the project needing transatlantic partnership and sponsorship for sustainable production.

Recent developments in the sustainable management of the banana crop in south western Cameroon (4) having however been recorded, will be presented. A wider view across the Atlantic will generate more data, though the main limitations remains adequate partnership and sponsorship.

#### MATERIAL AND METHODS.

Recent developments in smallholder management of the banana crop in south western Cameroon and different production conditions are identified. Production under these conditions are noted as an evaluation of their current performances. Production under field conditions using simple integrated approaches on-station is recorded.

For performances under agro-industrial plantations, production conditions that are optimum are recorded. Comparing these performances using yields and other factors, gaps are brought out to show performance variations. Records and protocols for banana and plantain take in to consideration

<sup>1</sup> African Research Centre for Banana and Plantain (CARBAP), Njombe, BP 832, Douala, Cameroon.



climate and soil variations. Descriptions take into consideration strategies being used in respective areas towards higher production using organic and other inputs.

A collection of cultivars of Plantains, Bananas, ornamentals and parents in blocks and lines of five planted at Ekona (foot slopes of Mt Cameroon (4100m altitude above sea level in the hinge of Africa or the Gulf of Guinea) is used. Sucker multiplication and bunch demonstration plots of elite materials and other planted trials are followed to bring out various adaptations observed. Vegetative and agronomic characteristics are recorded and compared. Indication of different degrees of adaptations are noted and regrouped.

Observed adaptations and the area are described using weather and soil data. At distances of 10 metres apart, soils are studied to depths as deep as more than 100cm using an auger to drill. Descriptions of cultivars and their different adaptations are brought out. These are compared with specific environments and uses.

*Gros michel* is observed in peri-urban areas in re-enforced farmers organisations in comparison to parallel agro-industries. Adaptive research to reality, is used to identify farmers, and their problems. These are regrouped bringing out research, extension and training needs in solving existing problems. Research results (existing) are used to help propose uniform and increase production patterns.

Exploratory survey is used to reorient the smallholder banana sector using *Gros michel* in place of plantains because of great market potential, and opportunities (1). Multidisciplinary approach, partnership and in-depth diagnostic using a west African model from Mali (Lamine Mamadou) is used to introduce provenance evaluation through organized marketing strategies for bananas. Networks to the production areas of local bananas are carved out. Strategies developed with Coulibaly Lamine, Achille Bikoi, and Cyril Efanenden, on farmers' problems in production are adapted to bridge the wide gap between findings and constraints.

A project is being proposed, based on these recent research activities in Cameroon and possible transatlantic adaptations of banana cultivars. The Gondwanaland concepts form the framework around which transatlantic partnership will be involved to enable potential sponsors and partners for sustainable production get involved.

## RESULTS AND DISCUSSION.

Under smallholders' field conditions 4-7 tons/ha/year yields were observed. Figure 1 shows short-distance variation of yields of *French clair* at Ekona.

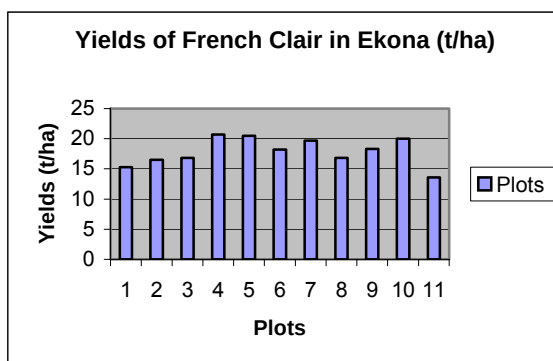


Figure 1 Short-distance variation of yields of *French clair* at Ekona

Using simple integrated approaches based on research inputs, 25-30 tonnes/ha/year were recorded on-station. CARBAP as such has in its collection about 400 cultivars that has an impact on the banana sector in Cameroon and beyond.

Very high yields were observed in agro-industrial plantations where yields of 60t/ha and above are obtainable. Performances in the respective sectors are not the same. Even on station with research inputs and in agro-industries with new and improved varieties.

Sucker production at Ekona show in table 1 the impact of soil management using plantains bunch stalk (P) and coffee haul residues (H). They are averages derived for April and March. Organic matter generally resulted in more suckers in the three replicates.

**Table 1** Impact of soil management on sucker production using plantains bunch stalk (P) and coffee haul residues (H).

|      | Mean No. of Suckers |       |       |       |
|------|---------------------|-------|-------|-------|
|      | April               | March | April | March |
| T0   | 4.0                 | 3.0   | 4.0   | 4.0   |
|      |                     |       |       |       |
| T1 P | 6.0                 | 7.0   | 7.0   | 7.0   |
| T1 H | 6.0                 | 5.0   | 6.0   | 6.0   |
|      | 6.0                 | 6.0   | 6.5   | 6.5   |
|      |                     |       |       |       |
| T2 P | 5.0                 | 4.0   | 5.0   | 5.0   |
| T2 H | 6.0                 | 5.0   | 6.0   | 6.0   |
|      | 5.5                 | 4.5   | 5.5   | 5.5   |
|      |                     |       |       |       |
| T3 P | 4.0                 | 3.0   | 4.0   | 4.0   |
| T3 H | 5.0                 | 3.0   | 4.0   | 4.0   |
|      | 4.5                 | 3.0   | 4.0   | 4.0   |

*Gros michel* based project in peri-urban areas by re-enforced farmers organisations were seen within 3 poles:

-In Fako at Musaka, Molyko, and Bolifamba along the foot-slopes of Mt Cameroon (4100m above sea level in the Gulf of Guinea, West Africa).

-Others are in Mbankomo tollgate, The Bandja tollgate and the Moumé area.

With Mamadou Lamine of Mali, reorientation to *Gros michel* in place of plantains is observed because of great market potential, and opportunities.

In Molyko, observed yields were regrouped relative to soil depth to the soil parent material or bed rock (table 2). Deeper soils correspond to larger rooting area and volume.

**Table 2** Depth to bedrock and corresponding yields in Molyko.

| Depth to bedrock (cm) | Average yield (t/ha) |
|-----------------------|----------------------|
| 120                   | 39                   |
| 100                   | 37                   |
| 60                    | 35                   |
| 40                    | 18                   |

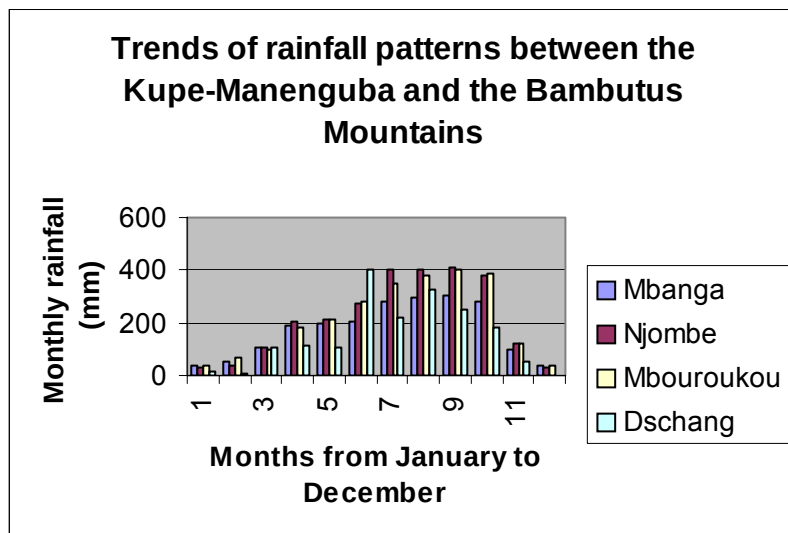
Large soil volume was observed with rooting deep down soils that are well-drained, with only few stones. The shallow soils produced reduced the number of hands and correspondingly lower bunch weights. This effect is seen on slopes and where there are rock outcrops. Heavy sub-soils also reduce yields, within Ekona volcanic and Muyuka sandy soils on the Eastern slopes of Mt Cameroon. This was especially so where heavy sub-soils and low water storing capacity were observed. They showed lower yields. This was spectacular in Mussaka plantation on the eastern slopes of Mt Cameroon with the oldest soil of higher buffer capacity. A topo-sequence is observed through these volcanic soils linking older soils of Mussaka to Ekona and on to the younger Molyko soils. Production and yields follow this trend to the best performances observed at Molyko.

Climatic conditions in average are those of Ekona showing temperature averages of 25°C, with minimums and maximums of 21°C and 29°C respectively. Annual rainfalls of 1976 mm, wind speed: 1-2m/s except March and October (higher), relative humidity: 95%.

In Cameroon uniform distribution of rainfall is not common especially towards the west where a distinct dry season and uni-modal rainfall pattern necessitates irrigation as seen on station in Ekona and Njombe and in the numerous banana agro-industries at foot slopes of Mountains in south western Cameroon.

Uni-modal rainfall patterns to the West and north of Cameroon are in Figure 2. Long dry seasons necessitate irrigation as seen on-station and in banana agro-industries. Towards the East and South, patterns become bimodal and relative distribution of rainfall is more uniform and adapted to banana and plantain production.

**Figure 2** Uni-modal rainfall patterns to the West of Cameroon.



The area has a mixture of vegetation in production and fallow areas of different weed types. Farms are in 2 ecological parts:

-Mounds of no trees but of the following percentages of grasses:

Guinea – 70, Eupathorium and other dicots like *Chromolaena odorata* – 12, Creepers and climbers – about disappearing but found every where, *Pennisetum purpureum* (Sissongo) in small tufts and Mariscus – 12.

-Flat to valley positions of 2 parts as follows:

.With trees (30%) of the following %ages:

Umbrella – 15, Paw-paw – 74, Guava-like – 1, Guava – 2 and Sand leaf – 8.

.Grasses (70%) of the following percentages:

Creepers – 40, Guinea – 20, *Pennisetum purpureum* (Sissongo) – 10, Eupathorium and other dicots – 15, Cassava – 10 and

Mariscus – 12. Previous works describe these weeds in banana farms.

The average topography is that of Ekona described as undulating / staircase at mountain foot slopes of 1-5% slope, mostly recent volcanic with rock outcrops and slightly rocky, stony and gravelly. Loam texture is common.

Slight to well supplied with water and with hardpan and water table depth > 100cm. Brown Soil matrix color with top soil pH 5-6.

Soil Classification: Andosols to Ultisol transitions (Andic properties), hence the topo-sequence.

Soil fertility: Average-high. Banana continuously need N and K before the banana flowers, with P when young like Ca. Same for Mg whose deficiency is fatal and imbalances are possible with Ca and K.

*Musa* (Plantains and bananas, wild and cultivated) adapt well at Ekona. This relates well to their:

Origin (From all over the world) and to fruit morpho-taxonomy expressed at the site. Based on adaptations, eventual uses are envisaged and include breeding resulting in products like CRBP 39.

Collection of 430 different cultivars of Plantains, Bananas, ornamentals and parent blocks in lines of five per cultivar. Origin: Global - tropical & subtropical belt. A sucker multiplication and bunch demonstration plot of elite materials: *French clair*, *French sombre*, and Batard, Ebanga, *Gros michel* and Cavendish. 60 plants: 28 for bunch demonstration and 32 for sucker multiplication also exist on-station.

From these are being proposed new and more productive varieties, better adapted to constraints and with wider range of adaptation. The African Research Centre on Banana and Plantains (CARBAP) and other research institutions (IITA and FHIA) have developed a large number of improved plantain and

banana hybrids, found in collections. They include exotic cultivars of good agronomic properties. Dessert and cooking types, resistant to pests and diseases also exist. Dwarf types with shorter life cycles also exist and show higher yields.

A project is being proposed, based on these recent research activities in Cameroon. Possible transatlantic adaptations of banana cultivars are targeted. The Gondwanaland concepts form the framework around which transatlantic partnership will be involved to enable potential sponsors and partners for sustainable production get involved. Recent developments in the sustainable management of the banana crop in south western Cameroon will be recorded. Different production conditions like smallholders' field conditions are to be identified. Production under these conditions are to be noted as evaluation of their current performances are correlated. Genome and genome groups are to be identified and matched to the adaptations.

## CONCLUSION

The two interrelated works, the project proposed, and the recent research activities in Cameroon will create possible transatlantic adaptations of banana cultivars based on the Gondwanaland concepts. Transatlantic partners and sponsors for sustainable production should use recent developments in the sustainable management of the banana crop in south western Cameroon. Recorded aspects like healthy planting materials should be introduced to help improve production and reduce yield gaps.

Records and protocols for banana and plantain should emphasize the production environment. Strategies should be towards higher production. The use of organic, inorganic and other biological inputs is advisable.

Farming innovations should be introduced through training and technical guides.

Selected groups and traditional farming partners should be the target. Necessary financing through loans to train and provide guide should be provided to follow-up group activities.

*Gros michel* based project for peri-urban areas should be used to re-enforce farmers organisations via major poles in Fako (Musaka, Molyko, Bolifamba), elsewhere in Africa and in transatlantic areas.

Hence adapt research to reality, to help create uniform and increase production.

Reorientation to *Gros michel* in place of plantains because of great market potential, and opportunities. Multidisciplinary approach and partnership, then in-depth diagnostic using the west African model from Mali to introduce organized marketing of bananas to network the production of local bananas.

With Coulibaly Lamine, Achille Bikoi and Cyril Efanenden:

Local economy and research results should respond to farmers problems producing adaptable solutions to bridge the wide gap between research findings and producers constraints.

## REFERENCES

1. Eyabi G, Numfor F, Sama-Lang P and Ehabe E, 2002 Chemical and organoleptic quality of figs from selected sweet bananas (*Musa* Spp). The J of Food Tech in Africa, vol5No2, Pp 70-72.
2. Kodjo T, Noupadja P and P Sama-Lang, 2005 Participatory breeding of plantains. CARBAP Document
3. Njib G, Awah ET, Tchuenteu F and P Sama-Lang, 1995 Ekona and environs and suitability for crop production. CDC document.
4. Sama-Lang P, 2006 *Musa* adaptations at Ekona, South Western Cameroon. CARBAP-IAD Ekona seminar paper of 01/03/2006.
5. Sama-Lang P, 1994 L'identification des facteurs d'aménagements limitant la production du maïs. In: Syst agraire et agric durable en Afrique sub-saharienne, Cotonou Bénin, 7-11 Fév 1994, Pp87-130.
6. Strahler A.N. and A.H. Strahler, 1989 Elements of physical geography. 4<sup>th</sup> ed. John Wiley and Sons. New York, Chichester, Brisbane, Toronto, Singapore, 562Pp.

**PÓS-COLHEITA, AGROINDÚSTRIA, ECONOMIA  
POST-HARVEST, AGROINDUSTRY, ECONOMICS  
POSTCOSECHA, AGROINDUSTRIA, ECONOMIA**



## CARACTERIZACIÓN POSTCOSECHA DE CULTIVARES DE BANANO

### POSTHARVEST CHARACTERIZATION OF BANANA CULTIVARS

Jorge Alberto Osuna-García<sup>1</sup>; Víctor Vázquez-Valdivia<sup>2</sup> & María Hilda Pérez-Barraza<sup>2</sup>

#### RESUMEN

Se evaluaron las características postcosecha de tres cultivares de banana tipo 'Pera' cultivados sin control químico de sigatoka negra así como su comportamiento postcosecha con y sin aplicación de etileno. Se evaluaron los cultivares 'Pera' (ABB), 'FHIA-03' (AABB) y 'Burro CEMSA' (ABB) cultivados bajo riego en la Costa de Nayarit, México. A la cosecha se midieron características del racimo y fruto e inmediatamente después estos fueron sometidos a la aplicación de 100 ppm de etileno por 16 horas conservando un testigo sin aplicación. Posteriormente durante el proceso de maduración postcosecha se evaluaron las características de calidad de fruto. Cada tres días se evaluó color de cáscara, firmeza de pulpa, sólidos solubles totales, acidez y contenido de almidón. Se encontró que 'FHIA-03' y 'Burro CEMSA' superaron a 'Pera' en rendimiento y características de fruto; que la aplicación de etileno aceleró todos los procesos de maduración de fruto en los tres cultivares; que los frutos del cultivar 'Pera' no maduraron sin la aplicación de etileno y que 'FHIA-03' mostró menor firmeza y vida de anaquel que 'Burro CEMSA' y 'Pera'.

**Palabras Clave:** Pera, FHIA-03, Burro CEMSA, Sigatoka negra, Etileno, Color, Firmeza, Sólidos solubles totales, Acidez, Almidón.

#### SUMMARY

The postharvest characteristics and fruit quality characteristics of three 'pear' type banana cultivars grown without chemical control of black sigatoka and submitted to ethylene application were evaluated. The three banana cultivars were 'Pera' (ABB), 'FHIA-03' (AABB) and 'Burro CEMSA' (ABB) which were grown under irrigation conditions in Nayarit, Mexico. At harvest, all the bunch and fruit characteristics were recorded. Immediately fruits were submitted to 100 ppm ethylene for 16 h keeping a control. Then, fruit quality characteristics were recorded during the ripening process. Every three days peel color, pulp firmness, total soluble solids, titratable acidity and starch content were assessed. It was found that 'FHIA-03' and 'Burro CEMSA' were higher in yield and fruit characteristics than 'Pera'. Also, it was observed that ethylene accelerated the ripening process in the three cultivars but 'Pera' fruits did not ripen without ethylene application. In addition, 'FHIA-03' showed less pulp firmness and shorter shelf life than 'Burro CEMSA' and 'Pera'.

**Keywords:** Pera, FHIA-03, Burro CEMSA, black sigatoka, color, hardness, soluble solids

#### INTRODUCCIÓN

En México se cultivan aproximadamente 72,000 hectáreas de plátano con una producción de 2.2 millones de toneladas que se comercializa principalmente en el Mercado Nacional (Orozco *et al.*, 1993). Las zonas productoras de plátano se ubican en las regiones tropicales y subtropicales de la costa del Golfo de México y en el litoral del Océano Pacífico. En Nayarit se cultivan alrededor de 6,850 hectáreas con una producción aproximada de 72,000 toneladas (SAGARPA, 2005). Los principales cultivares en explotación son: Enano Gigante (AAA), Macho (AAB), Manzano (AAB), Morado (AAA), Pera (ABB) y Roatán (AAA).

En Nayarit, como en el resto de México, la sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) es el principal factor limitante de la producción ya que ocasiona pérdidas del 50% o más del rendimiento, incrementa costos de producción del cultivo por aplicación excesiva de fungicidas y propicia mayor contaminación ambiental (Orozco *et al.*, 1996). Una de las mejores alternativas para el combate de la sigatoka negra es el control genético mediante la formación de híbridos o variedades tolerantes o resistentes al hongo, lo cual tradicionalmente se hace evaluando resistencia en campo (Rowe, 1998). Sin embargo, poco énfasis se le ha dado a la caracterización postcosecha y cualidades organolépticas de los nuevos materiales (Dadzie y Orchard, 1997).

<sup>1</sup> Investigador Postcosecha e Inocuidad del INIFAP - C.E. Santiago Ixcuintla. Apartado Postal No. 100. Santiago Ixcuintla, Nayarit. C.P. 63300. Mexico. E-mail: [josunaga@tepic.megared.net.mx](mailto:josunaga@tepic.megared.net.mx)

<sup>2</sup> Investigadores en Frutales Tropicales del INIFAP - C.E. Santiago Ixcuintla. Apartado Postal No. 100. Santiago Ixcuintla, Nayarit. C.P. 63300. Mexico. E-mail: [vazquezv.victor@inifap.gob.mx](mailto:vazquezv.victor@inifap.gob.mx); [perez.mariahilda@inifap.gob.mx](mailto:perez.mariahilda@inifap.gob.mx)

Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue evaluar las características postcosecha de tres cultivares de banano tipo 'Pera' cultivados sin aspersiones de fungicidas para el control de sigatoka negra así como evaluar la calidad postcosecha con y sin aplicación de etileno.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se evaluaron los cultivares 'Pera' (ABB) [testigo local], 'FHIA-03' (AABB) y 'Burro CEMSA' (ABB), los cuales fueron establecidos bajo condiciones de riego en la Costa de Nayarit, México durante el 2004. La plantación se manejó de acuerdo a las recomendaciones de la guía de plátano del INIFAP (Orozco *et al.*, 1993) pero sin la aplicación de fungicidas para el control de sigatoka negra. Una vez que se cosecharon los racimos, se midieron las características del racimo y del fruto acorde a las indicaciones de la Guía Técnica INIBAP (Dadzie y Orchard, 1997) e inmediatamente después las manos pares se sometieron a 100 ppm de etileno por 16 horas a  $20 \pm 2$  °C y  $75 \pm 10$  % H. R. en tanto que las manos nones permanecieron bajo las mismas condiciones pero sin la aplicación de etileno. Cada tres días se dio seguimiento al comportamiento postcosecha de cada uno de los materiales almacenados bajo simulación de mercadeo ( $22 \pm 2$  °C y  $75 \pm 10$  % H. R.) hasta llegar a madurez de consumo. Las variables evaluadas fueron: a) Color de cáscara, usando la tabla de color de Chiquita con valores del 1 al 7 (Chiquita, 2006); b) Firmeza de pulpa, mediante penetrómetro Chatillon DFE-050 adaptado con punzón cilíndrico de 6 mm de diámetro; c) Sólidos Solubles Totales, mediante refractómetro digital Atago Modelo PAL-1; d) Acidez, mediante titulador automático con hidróxido de sodio 0.1 N expresado como miliequivalentes de ácido málico por 100 g de muestra (AOAC, 1990); y e) Contenido de almidón, mediante la prueba del yodo de almidón (Blankenship *et al.*, 1993), con valores en escala de 1 a 10 donde 1 es el más alto contenido de almidón (frutos verdes) y 10 es el más bajo contenido de almidón (frutos completamente maduros). Todas las variables se evaluaron por quintuplicado realizando análisis de varianza y separación de medias mediante el modelo general lineal (GLM) del SAS (SAS, 1998).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las características del racimo y fruto son esenciales para la selección de nuevos cultivares de banano (Dadzie y Orchard, 1997). En este ensayo se observaron diferencias entre los tres cultivares, siendo el testigo local superado por los materiales introducidos, principalmente en peso de racimo, manos/racimo y dedos/mano. Destacó 'FHIA-03' con mayor peso de racimo (49.2 Kg) y de dedos (228.1 g), así como mayor número de dedos/mano (20.0) y mayor longitud de dedo (22.0 cm). Sin embargo, 'Burro CEMSA' tuvo la mayor cantidad de manos/racimo (13.0) [Cuadro 1]. Es pertinente comentar que bajo las condiciones de crecimiento de Nayarit, 'FHIA-03' y 'Burro CEMSA' tuvieron características de rendimiento superiores a las obtenidas para Honduras y Cuba, principalmente (Dadzie, 1998; Martínez y Mollineda, 2006) y podrían ser alternativas viables para la zona platanera del estado.

Cuadro 1. Características de racimo y fruto de materiales de banano tipo 'Pera' cultivados bajo riego y sin control químico de sigatoka negra

| Característica         | C U L T I V A R |         |                |
|------------------------|-----------------|---------|----------------|
|                        | Pera            | FHIA-03 | Burro CEMSA    |
| Peso de Racimo (Kg)    | 31.5            | 49.2    | 43.2           |
| Manos/Racimo           | 8.0             | 11.0    | 13.0           |
| Dedos/Mano             | 15.0            | 20.0    | 16.0           |
| Peso dedo central (g)  | 225.3           | 228.1   | 218.7          |
| Longitud (cm)          | 19.5            | 22.0    | 20.5           |
| Circunferencia (cm)    | 17.0            | 16.4    | 16.5           |
| Grosor de Pulpa (cm)   | 3.6             | 3.5     | 3.1            |
| Grosor de cáscara (mm) | 4.8             | 4.9     | 3.4            |
| Color de pulpa         | Blanco          | Blanco  | Blanco-Cremoso |

En lo que respecta a las características de calidad y como éstas fueron influenciadas por la aplicación de etileno, se observó al inicio del almacenamiento que no se detectaron diferencias significativas

entre cultivares para ninguna de las variables evaluadas, a excepción de firmeza de pulpa, observándose que 'FHIA-03' tuvo los menores valores de firmeza inicial (55 Nw contra 90 Nw de 'Pera' y 'Burro CEMSA') confiriendo a este cultivar una menor vida de anaquel. Con relación al efecto de la aplicación de etileno, se observó que éste aceleró el desarrollo de todas las variables en los tres cultivares y que los frutos de Pera no maduraron sin la aplicación de etileno (Cuadros 2 a 6).

En el Cuadro 2 se consigna la evolución del color de cáscara de los diferentes cultivares durante el almacenamiento. Se observó que la aplicación del etileno aceleró el desarrollo de color en los frutos de todos los cultivares, pero los frutos del cultivar 'Pera' no maduraron sin la aplicación de etileno. Lo anterior indica que si los frutos de este material no son sometidos a la aplicación de etileno no cambiarían de color en tanto que los frutos de los otros dos cultivares si lo logran aunque a una menor tasa. Esto es importante si se quisiera comercializar estos materiales para consumo en fresco.

Cuadro 2. Evolución del color de cáscara de frutos de banano tipo 'Pera' durante el almacenamiento a temperatura ambiente ( $22 \pm 2$  °C y  $75 \pm 10$  % H. R.) en respuesta a la aplicación de 100 ppm de etileno

|             |          | ETAPA DE MUESTREO  |       |       |       |        |
|-------------|----------|--------------------|-------|-------|-------|--------|
| Cultivar    | Etileno  | Inicial            | Día 3 | Día 6 | Día 9 | Día 12 |
| Pera        | 0 ppm    | 1.0 a <sup>z</sup> | 1.3 a | 1.5 a | 1.3 a | 2.8 a  |
| Pera        | 100 ppm  | 1.3 a              | 6.0 b | 6.0 b | 7.0 b | 7.0 b  |
| FHIA-03     | 0 ppm    | 1.0 a              | 4.2 a | 5.0 a | 5.6 a |        |
| FHIA-03     | 100 ppm  | 1.0 a              | 6.0 b | 7.0 b | 7.0 b |        |
| Burro CEMSA | 0 ppm    | 1.4 a              | 1.4 a | 3.2 a | 3.8 a | 6.4 a  |
| Burro CEMSA | 100 ppm  | 1.8 a              | 5.8 b | 6.0 b | 7.0 b | 7.0 a  |
|             | C.V. (%) | 28.8               | 26.1  | 30.8  | 26.5  | 23.0   |

<sup>z</sup> Medias con la misma letra dentro de columnas y dentro de variedades no son estadísticamente diferentes (DMS 0.05).

La determinación de la firmeza de frutos es importante en la evaluación de cultivares ya que ésta da una idea de la susceptibilidad a daños físicos o mecánicos durante el manejo postcosecha (Kramer, 1964). Se observaron diferencias significativas entre cultivares para esta variable al inicio del almacenamiento (Cuadro 3). 'FHIA-03' mostró los menores valores al inicio y también la tasa más acelerada de ablandamiento de pulpa en respuesta a la aplicación de etileno. Los frutos de este material alcanzaron valores de consumo (5 a 15 Nw) tan solo a los tres días de aplicado el etileno en tanto que 'Pera' y 'Burro CEMSA' alcanzaron estos valores hasta el día 6. Además, los frutos de 'FHIA-03' tuvieron una vida de anaquel de un máximo de nueve días en tanto que los otros dos cultivares llegaron a 12 días. Lo anterior hace que 'FHIA-03' aún y cuando es el material más sobresaliente en rendimiento sea limitado por su corta vida de anaquel.

Cuadro 3. Evolución de la firmeza (Nw) de frutos de banano tipo 'Pera' durante el almacenamiento a temperatura ambiente ( $22 \pm 2$  °C y  $75 \pm 10$  % H. R.) en respuesta a la aplicación de 100 ppm de etileno

|             |          | ETAPA DE MUESTREO   |        |        |        |        |
|-------------|----------|---------------------|--------|--------|--------|--------|
| Cultivar    | Etileno  | Inicial             | Día 3  | Día 6  | Día 9  | Día 12 |
| Pera        | 0 ppm    | 97.2 a <sup>z</sup> | 92.9 b | 93.0 b | 86.4 b | 74.7 b |
| Pera        | 100 ppm  | 85.8 a              | 22.4 a | 13.4 a | 10.9 a | 9.5 a  |
| FHIA-03     | 0 ppm    | 54.6 a              | 32.7 b | 20.5 b | 17.1 b |        |
| FHIA-03     | 100 ppm  | 56.3 a              | 10.7 a | 7.4 a  | 6.7 a  |        |
| Burro CEMSA | 0 ppm    | 85.7 a              | 84.8 b | 56.1 b | 49.8 b | 15.1 b |
| Burro CEMSA | 100 ppm  | 90.8 a              | 17.2 a | 10.6 a | 9.2 a  | 8.1 a  |
|             | C.V. (%) | 9.4                 | 31.8   | 47.3   | 45.2   | 25.0   |

<sup>z</sup> Medias con la misma letra dentro de columnas y dentro de variedades no son estadísticamente diferentes (DMS 0.05).

Con relación al contenido y evolución de sólidos solubles totales durante el almacenamiento (Cuadro 4), no se detectaron diferencias significativas entre cultivares para valores iniciales. Sin embargo, se observó que los frutos del cultivar 'Pera' no desarrollaron el total de sólidos solubles esperados sin la aplicación de etileno en tanto que 'FHIA-03' y 'Burro CEMSA' mostraron una tendencia similar al desarrollo de sólidos solubles con y sin la aplicación de etileno. Además, es pertinente destacar que los sólidos solubles totales al final del almacenamiento fueron mayores en 'Pera' con la aplicación de 100 ppm de etileno. Por otro lado, los valores encontrados para 'FHIA-03' y 'Burro CEMSA' son superiores a los reportados por otros autores (Dadzie, 1998; Martínez y Mollineda, 2006).

Cuadro 4. Evolución de los sólidos solubles totales (°Bx) de frutos de banano tipo 'Pera' durante el almacenamiento a temperatura ambiente ( $22 \pm 2$  °C y  $75 \pm 10$  % H. R.) en respuesta a la aplicación de 100 ppm de etileno

| Cultivar    | Etileno  | ETAPA DE MUESTREO  |       |        |        |        |
|-------------|----------|--------------------|-------|--------|--------|--------|
|             |          | Inicial            | Día 3 | Día 6  | Día 9  | Día 12 |
| Pera        | 0 ppm    | 1.6 a <sup>z</sup> | 1.7 a | 1.9 a  | 2.0 a  | 4.1 a  |
| Pera        | 100 ppm  | 1.7 a              | 6.2 b | 12.1 b | 14.3 b | 16.6 b |
| FHIA-03     | 0 ppm    | 1.2 a              | 6.5 a | 11.0 a | 12.6 a |        |
| FHIA-03     | 100 ppm  | 1.2 a              | 9.8 b | 14.8 b | 14.6 b |        |
| Burro CEMSA | 0 ppm    | 1.7 a              | 1.8 a | 4.4 a  | 5.5 a  | 11.6 a |
| Burro CEMSA | 100 ppm  | 1.9 a              | 6.6 b | 11.9 b | 13.4 b | 14.5 b |
|             | C.V. (%) | 15.8               | 33.2  | 30.4   | 19.9   | 23.6   |

<sup>z</sup> Medias con la misma letra dentro de columnas y dentro de variedades no son estadísticamente diferentes (DMS 0.05).

Se reporta que la acidez titulable en banano depende del cultivar, en algunos hay incremento de la acidez durante la maduración mientras que en otros no hay cambios significativos (Dadzie, 1998). En este ensayo se observó que los valores de acidez titulable inicial son similares entre 'Pera' y 'Burro CEMSA' pero superiores a 'FHIA-03' (Cuadro 5). Además, los tres cultivares incrementaron la acidez titulable durante el proceso de maduración en respuesta a la aplicación de etileno y solo los frutos de 'Pera' permanecieron prácticamente sin cambios cuando no fueron aplicados con etileno, lo que indica nuevamente que 'Pera' se comporta diferente a 'FHIA-03' y 'Burro CEMSA' cuando no se aplica etileno para su maduración.

Cuadro 5. Evolución de la acidez titulable de frutos de banano tipo 'Pera' durante el almacenamiento a temperatura ambiente ( $22 \pm 2$  °C y  $75 \pm 10$  % H. R.) en respuesta a la aplicación de 100 ppm de etileno

| Cultivar    | Etileno  | ETAPA DE MUESTREO  |       |       |       |        |
|-------------|----------|--------------------|-------|-------|-------|--------|
|             |          | Inicial            | Día 3 | Día 6 | Día 9 | Día 12 |
| Pera        | 0 ppm    | 2.9 a <sup>z</sup> | 2.7 a | 2.6 a | 2.2 a | 3.0 a  |
| Pera        | 100 ppm  | 3.3 a              | 4.2 b | 4.8 b | 5.1 b | 4.6 b  |
| FHIA-03     | 0 ppm    | 1.7 a              | 4.3 a | 5.8 a | 5.0 a |        |
| FHIA-03     | 100 ppm  | 1.7 a              | 5.8 b | 6.2 b | 5.0 a |        |
| Burro CEMSA | 0 ppm    | 2.6 a              | 3.2 a | 3.8 a | 3.9 a | 6.1 a  |
| Burro CEMSA | 100 ppm  | 2.8 a              | 4.5 b | 5.2 b | 5.5 b | 5.5 a  |
|             | C.V. (%) | 20.5               | 19.1  | 23.0  | 24.6  | 13.5   |

<sup>z</sup> Medias con la misma letra dentro de columnas y dentro de variedades no son estadísticamente diferentes (DMS 0.05).

El cambio químico más impactante durante la maduración postcosecha de bananos es la hidrólisis del almidón a azúcares solubles (Marriot *et al.*, 1981). En este ensayo se observó que el contenido inicial de almidón fue similar en los tres cultivares y que la aplicación de etileno aceleró la hidrólisis del almidón. Nuevamente se observó que los frutos de 'Pera' permanecieron prácticamente sin cambios cuando no se les aplicó etileno, corroborando que 'Pera' se comporta diferente a 'FHIA-03' y 'Burro CEMSA'.

Cuadro 6. Evolución del contenido de almidón de frutos de banano tipo 'Pera' durante el almacenamiento a temperatura ambiente ( $22 \pm 2$  °C y  $75 \pm 10$  % H. R.) en respuesta a la aplicación de 100 ppm de etileno

| Cultivar    | Etileno  | ETAPA DE MUESTREO  |       |       |        |        |
|-------------|----------|--------------------|-------|-------|--------|--------|
|             |          | Inicial            | Día 3 | Día 6 | Día 9  | Día 12 |
| Pera        | 0 ppm    | 3.0 a <sup>z</sup> | 2.8 a | 3.0 a | 3.0 a  | 3.5 a  |
| Pera        | 100 ppm  | 2.8 a              | 3.8 b | 4.8 b | 6.0 b  | 6.3 b  |
| FHIA-03     | 0 ppm    | 3.0 a              | 4.6 a | 7.4 a | 8.2 a  |        |
| FHIA-03     | 100 ppm  | 3.0 a              | 5.8 a | 9.0 b | 10.0 b |        |
| Burro CEMSA | 0 ppm    | 2.0 a              | 2.2 a | 2.8 a | 3.0 a  | 4.8 a  |
| Burro CEMSA | 100 ppm  | 2.6 a              | 4.8 b | 5.0 b | 5.4 b  | 7.0 b  |
|             | C.V. (%) | 21.6               | 12.1  | 23.0  | 19.4   | 12.1   |

<sup>z</sup> Medias con la misma letra dentro de columnas y dentro de variedades no son estadísticamente diferentes (DMS 0.05).

## CONCLUSIONES

1. 'FHIA-03' y 'Burro CEMSA' superaron a 'Pera' (testigo local) en rendimiento y características de racimo.
2. La aplicación de etileno aceleró el proceso de maduración de fruto en los tres cultivares.
3. El cultivar 'Pera' no maduró sin la aplicación de etileno.
4. 'FHIA-03' mostró menor firmeza y menor vida de anaquel que 'Burro CEMSA' y 'Pera'.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue con apoyo económico del Fondo Mixto de Fomento a la Investigación Científica y Tecnológica CONACYT-Gobierno del estado de Nayarit y de la Fundación Produce Nayarit, A.C. mediante el proyecto NAY-2003-C01-9403

## BIBLIOGRAFÍA

1. AOAC (Association of Official Agricultural Chemists). 1990. Official Methods of Analysis. Washington, D.C.
2. Blankenship, S.M., Ellsworth, D.D., and Powell, R.L. 1993. A ripening index for banana fruit based on starch content. HortTechnology 3(3):338-339.
3. Chiquita. 2006. How bananas ripen. [www.chiquita.com](http://www.chiquita.com). Junio, 2006.
4. Dadzie, B.K. 1998. Post-harvest characteristics of black Sigatoka resistant banana, cooking banana and plantain hybrids. Technical Guidelines INIBAP 4. International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy; International Network for the Improvement of Banana and Plantain, Montpellier, France.
5. Dadzie, B.K. y Orchard, J.E. 1997. Evaluación rutinaria postcosecha de híbridos de bananos y plátanos: criterios y métodos. Guías técnicas INIBAP 2. Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos, Roma, Italia ; Red Internacional para el Mejoramiento del Banano y el Plátano, Montpellier, Francia.
6. Kramer, A. 1964. Definition of texture and its measurement in vegetable products. Food Technol (5):46-49.
7. Marriot, J., Robinson, M. and Karikari, S.K. 1981. Starch and sugar transformation during ripening of plantains and bananas. Trop. Sci. 32:1021-1026.
8. Martinez H., C.M. y Mollineda T., A. 2006. Estudio de algunas propiedades físico-mecánicas en el plátano Burro (Musa ABB). [www.infoagro.com](http://www.infoagro.com). Junio, 2006.
9. Orozco R., J., Medina U., V.M., y Becerra R., S. 1993. Guía para producir plátano en la zona costera de Colima, Michoacán y Jalisco. Folleto para Productores No. 2. SARH-INIFAP-CIPAC. C.E. Tecmán, Colima. 25 p.
10. Orozco S., M., Farías L., J., and Vázquez V., V. 1996. La *Cercosporiose noire* (*Mycosphaerella fijensis*) dans l'ouest du Mexique. INFOMUSA 5(1):23-24.
11. Rowe, P. 1998. Mejoramiento de bananos y plátanos con resistencia a Sigatoka negra. En. Memorias del Simposium Internacional de Sigatoka Negra. Manzanillo, Colima, México. Julio de 1998. p. 101.
12. SAGARPA. 2005. Centro de Estadística Agropecuaria. Delegación Estatal. Tepic, Nayarit.
13. SAS Institute. 1998. SAS user's guide: Statistics. Version 6.12. SAS Institute, Cary, N.C.



## ROL DE LA CLOROFILA Y CLORFILASA DURANTE LA MADURACIÓN DEL BABY BANANO (*Musa AA Simmonds*)

### ROL OF THE CHLOROPHYLL AND CHLOROPHYLLASE ACTIVITY DURING THE RIPENING OF BABY BANANA (*Musa AA Simmonds*)

Marcela Elizabeth Castro Benítez<sup>1</sup>; Luz Patricia Restrepo<sup>1</sup> & Carlos Narváez-Cuenca<sup>2</sup>

#### SUMMARY

The Chlorophyllase of baby banana's peel was extracted, partially purified and characterized using as substrate chlorophyll extracted from baby banana's peel. Chlorophyllase activity was studied during storage at 20°C and showed the followed optimal conditions: pH 7.0, 40°C, Km 0,034µM Chl-a, and Vmax 364 µMChl-a hidrolized/min/mg protein.

**Keywords:** Baby banana, chlorophyll, chlorophyllase, enzyme kinetics, maturation

**Palabras claves:** Baby banana, clorofila, clorofilasa, cinética enzimática, maduración.

#### INTRODUCCION

El baby banano (*Musa AA Simmonds*) en Colombia ha tomado un lugar importante dentro de las exportaciones de frutas hacia Francia, Alemania, Inglaterra y Suiza, donde se considera una fruta exótica. Es cultivada en Colombia entre los 1.000 y 2.000 msnm, con temperaturas entre 16 y 30°C, precipitación entre 1.800 y 2.000 mm, con suelos de acidez neutra, ricos en cenizas volcánicas y topografía quebrada.

El baby banano puede ser almacenado por encima de 12°C (su temperatura crítica) y por debajo de esta temperatura sufre lesiones que alteran la calidad. El rol de la enzima clorofilasa está directamente relacionada con la degradación de la clorofila (Funamoto *et al*, 2002; Guevara *et al* 2003) y se propone en el presente estudio caracterizar parcialmente la enzima para asociarla con algunos cambios fisiológicos durante la maduración de los frutos y establecer unos parámetros de calidad.

#### MATERIALES y METODOS

**Adquisición de las muestras.** Los frutos fueron cosechados en la región de Melgar, Depto del Tolima, Colombia. Se seleccionaron en estado 1 a 2 correspondientes al color verde entre 90 y 100% en su corteza a tres días de cosechadas. Se escogieron las manos de la parte media del racimo y se sumergieron en agua con sulfato de amonio. Del lugar de cultivo fueron transportados en la madrugada, vía terrestre en camiones no refrigerados, hasta las bodegas en la ciudad de Bogotá D.C. (Colombia), lugar donde fueron tomadas las muestras para los análisis.

**Extracción y cuantificación de clorofilas.** La clorofila fue extraída de la corteza en la oscuridad utilizando luz roja a una temperatura de 4°C (Iriyama *et.al*, 1974). Se seleccionaron 10 frutos en estado 1 a 2 y se retiró la corteza hasta pesar 100 g para homogenizarla con 500 ml de metanol durante 3 minutos. El jugo de color verde se centrifugó a 1000 g x 5' y el sobrenadante se mezcló con dioxano (1:7, extracto:dioxano). Posteriormente se adicionó agua destilada hasta obtener turbidez. Se mantuvo en reposo 1 hora en hielo para obtener la cristalización de la clorofila. Se centrifugó a 10000 x 5' y el sobrenadante es desechado. El pellet rico en clorofila se sometió a un segundo proceso y se cuantificó la Chl- a y - b ,utilizando la siguientes fórmulas (Klein y Vishniac ,1961):

$$\text{Chl-a (mg/ml)} = 11,63 A_{665\text{nm}} - 2,39 A_{649\text{nm}}$$

$$\text{Chl-b (mg/ml)} = 20,11 A_{649\text{nm}} - 2,39 A_{665\text{nm}}$$

$$\text{Chl-Total(mg/ml)} = 6,45 A_{665\text{nm}} + 17,7 A_{649\text{nm}}$$

<sup>1</sup> Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia Dept. Bioquímica y Nutrición, Facultad de Ciencias.

[Marcela.castro@javeriana.edu.co](mailto:Marcela.castro@javeriana.edu.co)

<sup>1</sup> Universidad Nacional de Colombia . Dpto de Química , Facultad de Ciencias. [lprestreps@unal.edu.co](mailto:lprestreps@unal.edu.co)

<sup>2</sup> Universidad Nacional de Colombia . Dpto de Química , Facultad de Ciencias. [cenarvaez@unal.edu.co](mailto:cenarvaez@unal.edu.co)

**Obtención del extracto enzimático.** La extracción se realizó en el flavedo de los frutos en estado 4 (50% verde, 50% amarillo en corteza). La obtención de polvos de acetona a partir de 250 g de corteza se mezclaron con buffer de fosfato 0,1  $\mu$ M, KCL 0,05  $\mu$ M y Tritón x-100 0,24 %), pH 7,0 (relación falvedo :extractante 25:72,w:v) La suspensión restante se sometió a una precipitación con sulfato de amonio hasta obtenerse la proteína dializada de las diferentes fracciones: 40%,60, y 80% de  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$

**Medida de la actividad enzimática.** Se procedió a la determinación de la actividad enzimática (Trebisch et al, 1993) y se expresó como  $\mu$ M de Chl-a hidrolizada/min.

Para medir la actividad de clorofilasa durante el fraccionamiento con  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  se adicionó un volumen de extracto enzimático que contuviese 0,1 mg de proteína sobre una solución que contenía 0,1  $\mu$ M de Chl-a en buffer fosfatos 100 mM,, pH 7,0 para un volumen final de 7 ml. La reacción se llevó a cabo en condiciones de oscuridad con agitación a 160 rpm durante 30 min e incubación a 37°C. De la mezcla de reacción enzimática se tomaron 0,5 ml en el tiempo 0 y 30 min y se depositó sobre tubos que contenían una mezcla de acetona/hexano/KOH, 4/6/1 (v/v/v). La mezcla resultante se agitó y se centrifugó a 5.000 g durante 5 min. Al final, para evaluar la hidrólisis de la Chl-a se leyó la absorbancia a 667 nm en la fase de acetona: a esa longitud de onda se lee el contenido de clorofila -a generada por la hidrólisis de la Chl-a. Una unidad de actividad enzimática ( U Chlase) fue definida como  $\mu$ M de Chl -a hidrolizada /min y la actividad específica como U Chlase/mg proteína. Para calcular la actividad específica se cuantificó la proteína, de acuerdo al método microkjeldahl ( AOAC, 1990). Las extracciones fueron efectuadas por duplicado y sobre cada extracto se avaluó el efecto de la precipitación con  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  sobre la actividad específica de Chlase.

#### **Efecto de la concentración del sustrato, del pH y de la temperatura sobre la actividad enzimática.**

El extracto enzimático fue obtenido utilizando el fraccionamiento con  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  al 80% el cual reportó una máxima actividad de 3.708  $\mu$ M de Chl-a hidrolizada/min. (Castro M, 2001) . Para establecer el efecto del sustrato se ensayaron seis concentraciones de Chl-a-comprendidas entre 0,001 y 0,1  $\mu$ M en buffer fosfatos 100 mM a pH 7,0 y 40 °C y se calcularon los valores de  $K_M$  y  $V_{MAX}$ . En la estimación del pH se establecieron valores de pH entre 2,0 a 10,0 a 37°C, empleando Chl-a 0,068  $\mu$ M de Chl-a. Y para evaluar los efectos de la temperatura se varió la temperatura entre 20° a 70°C a intervalos de 10°C en buffer fosfato 100mM pH7,0 empleando Chl-a 0,068  $\mu$ M. Se utilizó un baño termostatazo con un intervalo de variación del 1°C. Las extracciones fueron efectuadas por duplicado y sobre cada extracto se evaluó el efecto de sustrato, pH y temperatura sobre la actividad específica de Chlase.

#### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

El contenido de Chl-total (a+b) fue de 4,9 mg/100 g de corteza y muestra un alta especificidad. Una vez efectuado el fraccionamiento de las proteínas con  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  se halló que en el extracto crudo y con las precipitaciones al 40% y 60% se obtuvieron actividades cuantificables pero la de mayor reporte fue la del 80% con un valor de 3708 U Chlase/mg proteína.

La evaluación del efecto de la concentración de sustrato, pH y temperatura se efectuó aplicando el modelo de Lineweaver-Bruck el cual arrojó la siguiente ecuación de trabajo: (U Chlase/mg proteína) =  $2,77 \cdot 10^{-3} + 9,5 \cdot 10^{-3} (n=4, r=0,890, \text{correlación significativa})$ . (**FIGURA A**).

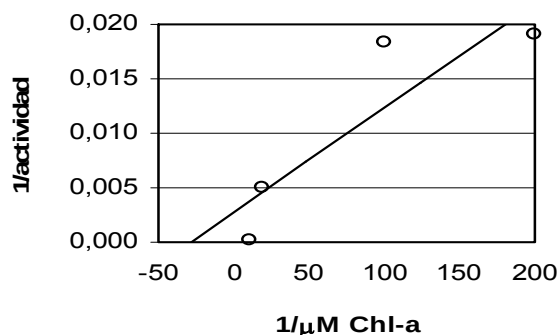


**FIGURA A** . Efecto de la concentración de sustrato-  
representación de Lineweaver-Burk ( pH= 7,0; 37°C);  
La U chlasa fue definida como  $\mu\text{M}$  de Chl-a  
hidrolizada /min y la actividad específica como U  
chlasa/ mg proteína .

De esta ecuación se encontró un valor de  $V_{\text{max}}$  de 362 U Chlasa/mg proteína, medida máxima del rompimiento del complejo enzima-sustrato. De igual forma la concentración de sustrato necesaria para alcanzar la mitad de velocidad máxima,  $K_m$ , correspondió a  $0,034 \mu\text{M Chl-a}$ .

El pH de 7.0 afecta positivamente la actividad resultando un descenso al alejarse de este valor (**FIGURA B**). La enzima posee un intervalo estrecho de actividad frente a la temperatura, con un máximo a  $40^\circ\text{C}$  y una caída súbita en su actividad a valores diferentes. (**FIGURA C**)

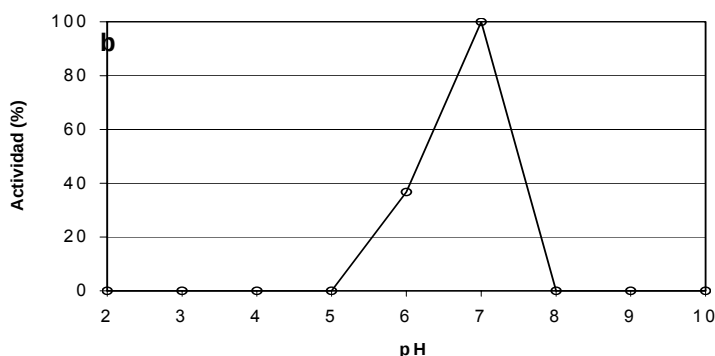


**FIGURA B** . Efecto del pH ( $0,068 \mu\text{M Chl-a}$ ,  $37^\circ\text{C}$ ) sobre la actividad de la clorofilasa extraída de la corteza de baby banana (Musa AA Simmonds). La máxima actividad fue expresada como 100 %)

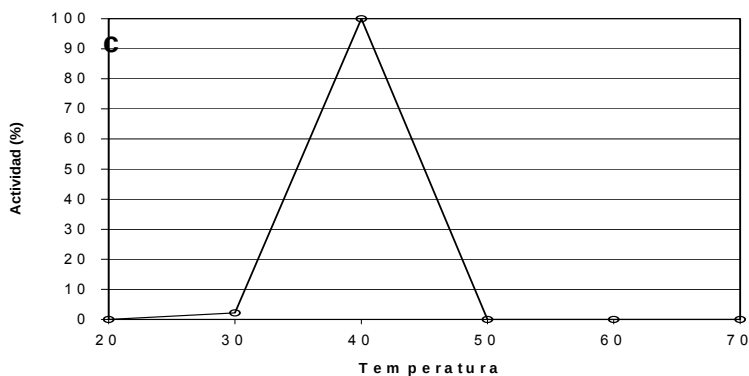


**FIGURA C**. Efecto de la temperatura ( $0,068 \mu\text{M Chl-a}$ , pH 7,0) sobre la actividad de la clorofilasa extraída de la corteza de baby banana (Musa AA Simmonds) . La máxima actividad fue expresada como 100 %)

## CONCLUSIONES

1. El valor de pH para obtener la máxima actividad hace suponer que el sitio activo de la enzima se encuentra protegido por un apretado empaque molecular neutro.
2. La máxima actividad se reportó cuando se precipito la enzima a 80% de saturación de  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ , lo cual significaría que la Chlase esta localizada en las membranas internas de los cloroplasto y no es una enzima que se encuentra en el citoplasma de la célula.
3. Teniendo en cuenta el uso de tratamientos poscosecha en donde la acumulación de ácidos orgánicos es significativa y permanece el color verde evidencia que la enzima Chlase esta directamente implicada en la degradación de la clorofila alterándose las características organolépticas del fruto.
4. La caracterización cinética de la Chlase arrojó un pH óptimo de 7,0 , temperatura óptima de 40°C,  $K_M$  0,034  $\mu\text{M}$  Chl-a y  $V_{MAX}$  364  $\mu\text{M}$  Chl-a hidrolizada /min/ mg de proteína
5. Los resultados indican que la Chlase es altamente dependiente del pH y de la temperatura para manifestar su actividad y que participa activamente en la degradación de la clorofila .
6. La caracterización de la cinética de la Chlase manifiesta que participa activamente en la degradación de la clorofila y que el empleo de técnicas de almacenamiento de los frutos debe garantizar un manejo adecuado de la temperatura y pH para no afectar el cambio de color y alterar la maduración.

## BIBLIOGRAFIA

1. Castro-Benítez M, Restrepo L., Narváez C. 2006. Actividad de Clorofilasa durante la maduración del Banano bocadillo (*Musa accuminata*). *Actualidades Biológicas* (Nro 83):43-50
2. Castro-Benítez, M., 2001. Efectos de tratamientos poscosecha en la actividad enzimática de la clorofilasa del banano bocadillo (*Musa acuminata*). Tesis de Maestría. Departamento de Química y Facultad de Agronomía. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá Colombia
3. Funamoto Y, Yamauchi N, 2002. Effect of heat treatment on chlorophyll dgrading enyzmes in stored brócoli (*Brassica oleracea* L.) *Postharvest Bilology and Tecnology* 24:163-170.
4. Guevara J.C., Yahia E.M., Brito de la Fe, Biserka S.P. 2003. Effects of elevated concentrations of  $\text{CO}_2$  In modified atmosphere packaging on the quality of prickly pear cactus stems ( *Opuntia* spp) *Postharvest Biology and Technology*, 29: 167-176.
5. Klein A.O. , Vishniac W. ,1961. Activity and partial purification of chlorophyllase in aqueous system. *Journal of Biology and Chemistry*, 236: 2544-2549
6. Trebitsht T, Goldschmidt E. , Riov J. 1993. Etylene induces de novo synthesis of chlorophyllase , a chlorophyll degrading enzyme,, in citrus fruit peel. *Proceeding of the National Academy of Sciences USA*, 90: 9441-9445.

## INFLUÊNCIA DO 1-METILCICLOPROPENO NA LONGEVIDADE PÓS-COLHEITA DE FRUTOS DE GENÓTIPOS DE BANANEIRA RESISTENTES À SIGATOKA NEGRA

### INFLUENCE OF 1-METHYLCYCLOPROPENE ON POSTHARVEST OF FRUITS FROM BANANA GENOTYPES OF BLACK SIGATOKA RESISTANT

Silvia Barbosa dos Santos<sup>1</sup>; Márcio Eduardo Canto Pereira<sup>2</sup>; Sebastião de Oliveira E Silva<sup>2</sup>; Aline Simões da Rocha Bispo<sup>3</sup> & Taliane Leila Soares<sup>1</sup>

#### RESUMO

No Brasil, o consumo banana vem aumentando a cada ano. No entanto, durante o transporte, o período de armazenamento e a comercialização, as perdas são bastante significativas, havendo a necessidade de desenvolver tecnologias para manter a qualidade pós-colheita e prolongar a vida útil desses frutos. O 1-metilciclopropeno (1-MCP) vem sendo usado com resultados positivos em diversos produtos hortícolas em todo o mundo, prolongando a vida útil pós-colheita e aumentando a possibilidade de alcance de mercados mais distantes. O objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência do 1-MCP em prolongar a longevidade de frutos de genótipos de bananeira resistentes à Sigatoka Negra. Os frutos foram colhidos em estágio 1 de maturação (casca completamente verde), divididos em buquês de dois dedos cada e tratados com 1-MCP (0, 15, 30 and 45 ppb) gasoso durante 12 horas. Os buquês foram dispostos em bancadas para amadurecimento sob condição ambiente ( $24,5 \pm 5^\circ\text{C}$  e  $80 \pm 5\%\text{UR}$ ) e analisados, a cada 5 dias até 20 dia, para: cor da casca, firmeza da polpa, teor de sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT) e relação SS/AT. A aplicação do 1-MCP prolongou a longevidade dos frutos em cinco dias, exceto para a 'Thap Maeo' que foi de 15 dias, demonstrando que o 1-MCP foi eficiente em retardar o amaciamento dos frutos no período estudado.

**Palavras-Chave:** *Musa* spp., etileno, 1-MCP, amadurecimento.

#### SUMMARY

In Brazil, banana consumption is becoming higher each year. Nevertheless, during transport, storage and commercialization, losses are highly significant, being necessary to develop technologies to maintain the postharvest quality and to prolong the shelf-life of these fruits. 1-Methylcyclopropene has been used positively in many horticultural products around the world, prolonging shelf-life and increasing the possibility of reaching new markets. The aim of this work was to evaluate the efficiency of 1-MCP on prolonging shelf-life of fruits from Black Sigatoka resistant banana genotypes. Fruits were harvested in maturity stage 1 (completely green skin), splitted in groups of 2 fingers (kept together) each and treated with gaseous 1-MCP (0, 15, 30 and 45 ppb) during 12 hours. Groups of 2 fruits were disposed to ripe at room conditions ( $24,5 \pm 5^\circ\text{C}$  and  $80 \pm 5\%\text{RH}$ ) and evaluated each five days during 20 days for: skin color, pulp firmness, SS/AT ratio. 1-MCP treatment prolonged fruit shelf-life on five days, showing that 1-MCP was efficient on delay ripening of fruits during the studied period.

**Keywords:** *Musa* spp., ethylen, 1-MCP, ripening.

#### INTRODUÇÃO

A banana é um fruto climatérico caracterizado pelo aumento da produção de etileno no início da maturação, ato que restringe a vida de prateleira e dificulta a exportação. No Brasil, as perdas de banana são altas, variando de 40 a 70% a depender da variedade, da região onde é produzido e das condições de transporte e armazenamento (Chitarra e Chitarra 2005).

Por ser um fruto climatérico, a banana é colhida em sua maturação fisiológica, porém ainda fora do seu ponto de consumo. O completo amadurecimento é ocasionado pela ação do fitohormônio etileno ( $\text{C}_2\text{H}_4$ ), que desencadeia transformações na cor, sabor e firmeza dos frutos (Kluge et al., 2002). Essas transformações podem ser alteradas ou retardadas. Para que isso aconteça, atualmente, vem se

<sup>1</sup> Mestres em Ciências Agrárias, Universidade Federal da Bahia, Cruz das Almas, BA, Brasil. e-mails:

[silviamestrado@yahoo.com.br](mailto:silviamestrado@yahoo.com.br); [talialeila@gmail.com](mailto:talialeila@gmail.com)

<sup>2</sup> Pesquisadores da Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical s/n, C.P. 007, 44.380-000, Cruz das Almas, BA, Brasil. e-mail:

[marcio@cnpmf.embrapa.br](mailto:marcio@cnpmf.embrapa.br); [ssilva@cnpmf.embrapa.br](mailto:ssilva@cnpmf.embrapa.br);

<sup>3</sup> Graduanda do Curso de Ciências Agrárias da UFBA, e-mail: [alineagrufba@20yahoo.com.br](mailto:alineagrufba@20yahoo.com.br)



estudando uma série de tecnologias que podem ser empregadas. Um destes produtos é o 1-metilciclopropeno, que vem sendo testado em todo o mundo em vários produtos hortícolas (Serek et al., 1994).

O 1-metilciclopropeno (1-MCP ou  $C_4H_6$ ) é um composto volátil recentemente descoberto e que tem demonstrado ser um potente inibidor da ação do etileno. Possui um período de meia vida de difusão entre 7 e 12 dias, podendo em alguns casos reduzir a produção do etileno e retardar o amadurecimento de frutos climatericos (Sisler e Serek, 1997). Embora seja um gás, tem sido formulado em pó, o qual libera o 1-MCP gasoso quando dissolvido em água. O 1-MCP liga-se fortemente ao sítio do etileno, evitando a ligação e a ação do mesmo (Jacomino et al., 2002).

O controle do amadurecimento da banana com 1-MCP tem sido alvo de trabalhos de pesquisa em pós-colheita, sendo os maiores efeitos no retardo da pigmentação da casca e no amaciamento dos frutos (Botrel et al., 2002).

Para variedades resistentes à Sigatoka Negra, as pesquisas sobre a longevidade pós-colheita são poucas e os resultados escassos. Visto que essa doença começa a se espalhar pelo Brasil e a preocupar produtores de todo o país cuja bananicultura sustenta-se em variedades não resistentes à Sigatoka Negra, faz-se necessário o estudo de pós-colheita de novos materiais resistentes a essa doença.

Este trabalho objetivou avaliar o efeito de doses de 1-MCP sobre o amadurecimento de oito variedades de banana resistentes à Sigatoka Negra, em temperatura ambiente para o prolongamento pós-colheita dos frutos.

## MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo foi desenvolvido no Laboratório de Fisiologia Vegetal e Pós-Colheita da Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, localizado no município de Cruz das Almas, Bahia durante o período de março a julho de 2006.

Como material vegetal foram utilizados frutos dos genótipos de bananeira Calipso e Caipira. Estes foram colhidos no estágio de maturação fisiológica, porém ainda fora do ponto ideal para consumo (estádio 1 de maturação).

As pencas foram divididas em buquês de dois dedos cada, os quais foram previamente lavados e imersos em solução de 100 mg g<sup>-1</sup> de cloro por cinco minutos. A aplicação do 1-MCP gasoso nas concentrações de 15, 30 e 45 ppb, foi realizada por 12 horas em câmaras hermeticamente fechadas. O 1-MCP foi obtido através da dissolução do produto comercial em pó – SmartFrersh<sup>TM</sup> (0,14% i.a.) em água.

A partir da data de aplicação do 1-MCP serão realizadas análises a cada 5 dias. As variáveis analisadas foram: cor da casca, firmeza da polpa, teor de sólidos solúveis totais (SST), acidez total titulável (ATT) e relação de SSA/ATT.

O experimento foi conduzido em delineamento experimental inteiramente casualizados, em esquemas fatoriais 4 x 5 (dose de 1-MCP x dias após tratamento), com 3 repetições. Os dados foram submetidos à análise de variância, aplicando-se o teste Tukey a 5%.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O efeito da aplicação do 1-MCP foi marcante para o aumento da longevidade pós-colheita dos frutos nos diferentes genótipos de bananeira estudados. Verificou-se que as doses de 30 e 45 ppb de 1-MCP, tiveram efeitos bastante semelhantes, proporcionando um acréscimo, em média, de cinco dias de vida útil dos frutos tratados, quando atingiram a valores semelhantes aos dos frutos não tratados, indicando que não houve impedimento para o amadurecimento. Embora, a dose de 15 ppb não tenha prolongado a longevidade, teve efeitos sobre as características avaliadas sem prejudicar a qualidade final de consumo e mantendo os frutos mais firmes nos dez primeiros dias, o que pode ser considerado como vantagem a danos mecânicos durante o manuseio e transporte.

### Cor da Casca

Nos frutos do tratamento controle, a mudança de cor foi mais acelerada, indicando que a clorofila foi degradada rapidamente, enquanto nos frutos tratados a degradação ocorreu de forma mais lenta (Figura 1).

Aos vinte dias após a aplicação do 1-MCP, frutos de 'Caipira' tratados com 30 e 45 ppb apresentaram coloração externa correspondente ao estágio de maturação 6 (ponto ideal para consumo). Enquanto

que no genótipo Calipso, observou-se que os frutos tratados nestas concentrações não ultrapassou quinze dias (Figuras 1 e 2).

As mudanças de coloração ocorridas durante o amadurecimento das frutas estão relacionadas com processos degradativos e/ou sintéticos dos pigmentos presentes (Chitarra e Chitarra, 2005). Na banana, durante o amadurecimento, a degradação da clorofila (cor verde) é intensa, ficando visível a pré-existência dos pigmentos carotenóides (cor amarela a laranja) enquanto que a síntese de outros pigmentos é realizada em níveis relativamente baixos (Silva et al., 2006).

O desverdecimento é decorrente da quebra da estrutura da molécula de clorofila, envolvendo a atividade da enzima clorofilase (Serek et al., 1995). Segundo estes autores, a elevação da atividade desta enzima está geralmente associada com a produção de etileno durante o amadurecimento do fruto. O 1-MCP se liga ao sítio de ligação do etileno na célula, evitando a ação do mesmo sobre os processos fisiológicos de amadurecimento.

Cabe enfatizar que a perda de cor verde, resultante do processo normal de amadurecimento, foi retardada com a aplicação do 1-MCP. Resultados similares foram obtidos por Abdi et al. (1998) em ameixas tratadas com 1-MCP, assim como banana (Botrel et al., 2002), Kiwi (Carvalho, 2000), tomate (Dupille e Sisler, 1995) e manga (Cocozza, 2003).

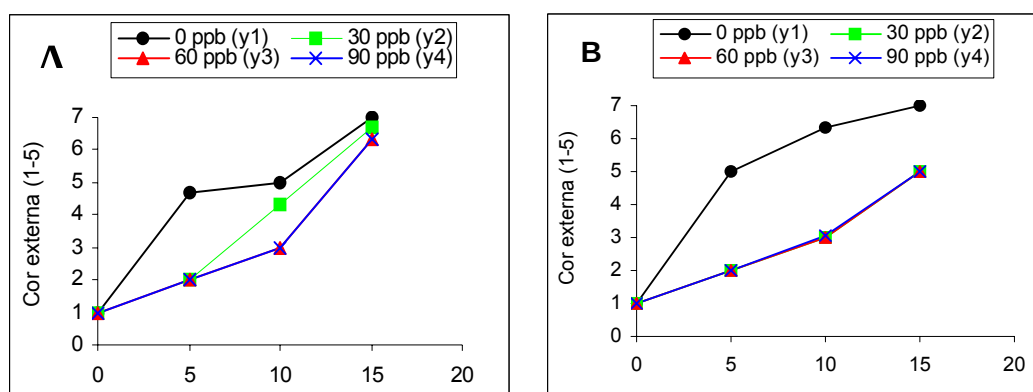


Figura 1. Cor da casca dos frutos de Caipira (A) e Calipso (B) submetidos a diferentes doses de 1-MCP.

Câmara usada para aplicação de 1-MCP



Bananas no estágio de maturação 1, antes da aplicação de 1-MCP



Câmara após aplicação do 1-MCP



Frutos do genótipo Calipso 15 dias após o tratamento



Figura 2. Aspectos do tratamento e dos resultados obtidos com a aplicação de 1-MCP.

#### Firmeza da polpa

A manutenção da firmeza foi notável em frutos tratados com 1-MCP em relação ao controle, principalmente nas doses de 30 e 45 ppb, cujos frutos apresentaram menor perda de firmeza durante o período de avaliação (Figura 3).

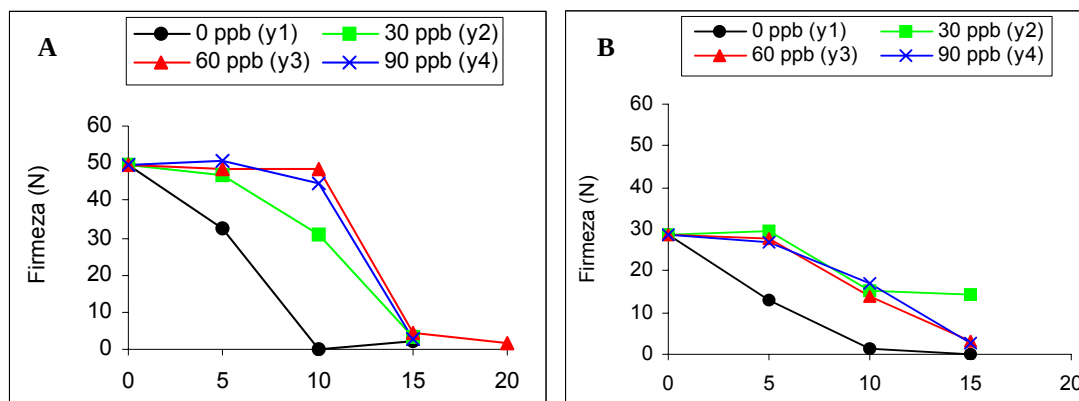


Figura 3. Firmeza da polpa de frutos de Caipira (A) e Calipso (B) submetidos a diferentes doses de 1-MCP.

A perda da firmeza em bananas é o principal indicador de amadurecimento, juntamente com a perda da cor verde da casca, sendo assim a firmeza apresenta-se como uma característica física indicadora da eficiência da operação de conservação (Castro et al., 2002). A maior firmeza dos frutos tratados com as maiores concentrações de 1-MCP está provavelmente associada à redução da atividade das enzimas pectinolíticas, causada pela redução da ação do etileno. Resultados similares a estes foram obtidos em maçã (Fan et al., 2002), melão (Almeida, 2002) e mamão (Jacomino e al., 2002).

#### Relação sólidos solúveis acidez titulável

O aumento no teor de sólidos solúveis e diminuição da acidez titulável elevou a relação SS/AT durante todo o período de armazenamento para os genótipos avaliados. Os frutos tratados com 1-MCP e o tratamento controle atingiram a máxima relação SS/AT aos 20 dias e 15 dias de armazenamento, respectivamente, sendo que os maiores valores foram obtidos para o genótipo Caipira quando comparado a Calipso (Figura 4).

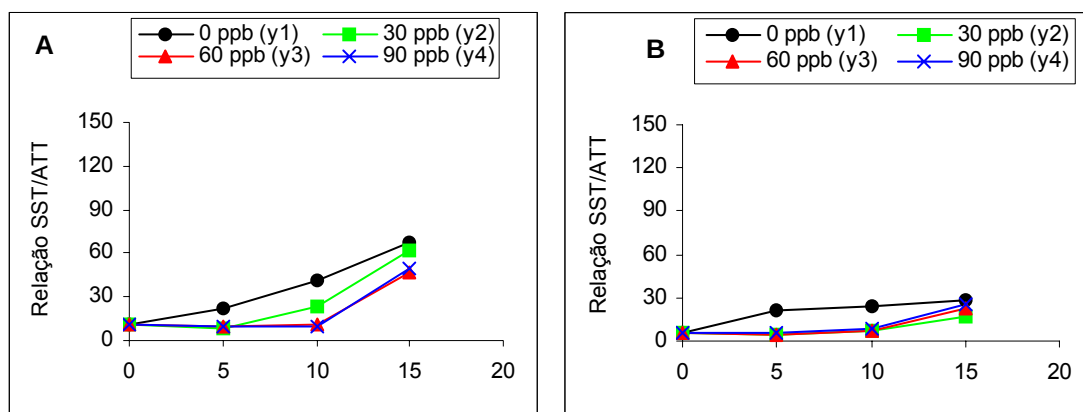


**Figura 4.** Relação SS/AT de frutos de genótipos de Caipira (A) e Calipso (B) submetidas a diferentes doses de 1-MCP.

A relação SS/AT correlaciona-se com o sabor das frutas e é um índice mais representativo que a medição isolada dos açúcares ou da acidez (Chitarra e Chitarra, 2005).

As melhores doses apresentadas neste trabalho foram 30 e 45 ppb de 1-MCP, ressalva-se então a alta eficiência do 1-MCP em retardar o amadurecimento de bananas, indicando que a técnica é altamente promissora para o uso no mercado interno e externo. No entanto, a resposta difere entre doses e cultivares.

Estudos realizados com banana Prata Anã revelaram que foi possível retardar em 12 dias o amadurecimento dos frutos tratados com 60 ppb de 1-MCP (Silva et al., 2002). Para banana maçã, a dose de 50 ppb foi suficiente para atrasar o amadurecimento em 8 dias, ao passo que doses de 100, 200 e 250 ppb retardaram em 10 dias (Pinheiro et al., 2005). De acordo com Silva et al. (2002), o uso de doses muito altas pode inibir o amadurecimento e por isso deve-se cuidar para que sejam realizados estudos específicos para cada variedade e condições de armazenamento.

#### CONCLUSÃO

A aplicação de 1-MCP, destacadamente nas doses de 30 e 45 ppb, prolongou a longevidade pós-colheita dos frutos dos genótipos de bananeira estudados em cinco a 15 dias, sem prejudicar o amadurecimento dos frutos.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABDI, N.; McGLASSON, W.B.; HOLFORD, P.; WILLIAMS, M.; MIZRAHI, Y. Responses of climacteric and suppressed-climacteric plums to treatment with propylene and 1-methylcyclopropene. *Postharvest Biology and Technology*, California, v.14, p.29-39, 1998.
2. ALMEIDA, A. da S.; Conservação de melão Cantaloupe 'Hy-Mark' tratado com 1-MCP após a colheita. 2002, 126p, Dissertação (Mestrado), Escola Superior de Agricultura de Mossoró, Mossoró, 2002.
3. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. 1995. *Official Methods of Analysis*. 16.ed. AOAC, Washington, DC.

4. BOTREL, N.; FREIRE, M. J.; VASCONCELOS, R. M.; BARBOSA, H. T. G. Inibição do amadurecimento de banana 'Prata-Anã' com a aplicação do 1-metilciclopropeno. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v. 24, n. 1, p. 53-56, 2002.
5. CARVALHO, A.V. Avaliação da qualidade de kiwis cv. *Hayward* minimamente processados. 2000. 86f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.
6. CASTRO, M. V. DE; ONO, E. O.; DIAS, M. S. C.; LIMA, L. C.; COSTA, S. MARTINS, M. R. N.; Efeito da Refrigeração sobre a Firmeza de Banana 'Prata Anã' Produzida na Região Norte de Minas Gerais In: XVII Congresso Brasileiro Brasileiro de Fruticultura, 2002, Belém. Anais, Embrapa, 2002.
7. CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio. Lavras: ESAL/ FAEPE, 2º ed, 1990. 293 p.2005.
8. COCOZZA, F. D. M.; Maturação e conservação de manga 'Tomy Atkins' submetida à aplicação pós-colheita de 1- metilciclopropeno. 2003, 197p, Tese (Doutorado) Universidade Estadual de Capinas, Capinas, 2003.
9. DUPILLE, E.; SISLER, E.C. Effects of ethylene receptor antagonist on plant material. In: AIT-OUBAHOU, A.; EL-OTMANI, M. (Ed.) Postharvest, pathology and technologies for horticultural commodities: recents advances. Agadir: Institute Agronomique et Veterinaire Hassan II. p.294-301, 1995.
10. FAN, X.; ARGENTA, L.C.; MATTHEIS, J.P. Interactive effects of 1-MCP and temperature on 'Elberta' peach quality. *HortScience*, Alexandria, v.37, p.134-138, 2002.
11. JACOMINO, A. P.; KLUGE R. A.; BRACKMANN A.; CASTRO, P. R. de C. Amadurecimento e senescência de mamão com 1-metilciclopropeno. *Scientia Agrícola*, Piracicaba, v.59, n.2, p. 303-308, 2002.
12. KLUGE, R. A.; JACOMINO, A. P.; MARTINEZ, O, R. BRACKMANN, A. Inibição do amadurecimento de abacate com 1-metilciclopropeno. *Pesquisa agropecuária Brasileira*, Brasília, v.37, n.7, p.895-901, 2002.
13. PINHEIRO, A. C. M., VILAS BOAS, E. V. de B., MESQUITA, C. T. Ação do 1-metilciclopropeno (1-MCP) na vida de prateleira da banana 'maçã Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal v.27, n. 1, p. 25-28. 2005.
14. SEREK, M.; SISLER, E.C.; REID, M.S. 1-methylcyclopropene, a novel gaseus inhibitor of ethylene action, improves the life of fruit, cut flowers and potted plants. *Acta Horticulturae*, v.394, p.337-345, 1995.
15. SEREK, M.; SISLER, E.C.; REID, M.S. Novel gaseous ethylene binding inhibitor prevents ethylene effects in potted flowering plants. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, Alexandria, v. 119, n. 6, p. 1230-1233, 1994.
16. SILVA, C. DE S., LIMA, L. C.; SANTOS, H. S.; CAMILI, E. C. C.; YURIKO, VIEIRA, C. R. Y. I.; MARTIN, da S.; VIEITES, R, L. Amadurecimento da banana-Prata Climatizadaem Diferentes Dias Após A Colheita. *Ciência. agrotecnologia*. Lavras, v. 30, n. 1, p. 103-111, 2006.
17. SILVA, E. O.; BASTOS, M. S. R.; SOARES, N. F.; ALVES, R. E.; FILGUEIRAS, H. A. C.; MACHADO, F. L. C. Uso de atmósferas modificadas y 1-MCP para conservar la calidad de melão fresco cortado, Proyecto XI. 22 Desarrollo de tecnologías para la conservación de vegetales frescos cortados, p65-73. 2002.
12. SISLER, E.O.C.; SEREK, M. Inhibitors of ethylene responses in plants at the receptors level: recent developments. *Physiologia Plantarum*, Lund, v.100, p.577-582, 1997.



## **AGROINDÚSTRIA PROCESSADORA DE MUSA. ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE PAÍSES PROCESSADORES**

### **MUSA PROCESSING INDUSTRY. COMPARATIVE ANALYSIS AMONG PROCESSING COUNTRIES**

Luiz Marcio Poiani<sup>1</sup> & Gabriela Saab de Souza<sup>2</sup>

#### **RESUMO**

Apresenta-se uma análise comparativa, especialmente aplicada à pequena e média empresa processadora de *musáceas*, entre os seguintes países: Costa Rica, Camarão, Malásia, Nigéria, Malawi, Filipinas, Índia, Nicarágua, Tanzânia e Brasil. A metodologia utilizada busca em uma primeira etapa estabelecer os parâmetros de análise: produtos disponíveis no mercado, caracterização da tecnologia de processamento, capacidade de produção e continuidade do processo. Apresenta-se a seguir um diagnóstico das unidades instaladas, considerando: matéria-prima, disponibilidade e uso de insumos, equipamentos, embalagem e competitividade da empresa a níveis de processamento e gestão da produção.

Palavras-Chaves: *Musáceas*, Plátano, Banana, Processamento, Agroindústria

#### **ABSTRACT**

A comparative analysis on small and medium sized *Musa* processing enterprises in the following countries is presented: Cameroon, Costa Rica, Malawi, India, Malaysia, Nicaragua, Nigeria, Philippines, Tanzania and Brazil. The first goal of the methodology used in this analysis is to establish parameters: available products in the market, characterization of the processing technology, capacity of production and continuity of the process. A diagnosis of the installed units is presented next, considering the following aspects: raw material, availability and use of inputs, equipment, packing and competitiveness of the company in the level of processing and management.

Keywords: economy, management of the production, diagnosis

#### **INTRODUÇÃO**

A produção de bananas no mundo somente é menor que o volume produzido de melancias, superando nos últimos anos as produções das outras frutas. A agregação de valor a *Musa* através do processamento industrial apresenta um significativo potencial para o desenvolvimento rural de regiões produtoras. A análise comparativa entre os projetos instalados de diferentes países, possibilita não apenas o intercâmbio cultural e científico de técnicas para processamento industrial da fruta, como também a interação entre grupos de pesquisa e desenvolvimento dos diferentes países processadores, gerando melhorias na formação de recursos humanos, otimização dos recursos disponíveis e elevação do nível científico e técnico das empresas do setor. Muitas das empresas rurais não dispõem de capacidade técnica e gerencial para posicionar-se efetivamente nos mercados cada vez mais competitivos. Enfrentando dificuldades na identificação de oportunidades de mercado, em diversificar suas relações comerciais e principalmente cumprir com os requisitos necessários de qualidade. Requisitos que seguem os seguintes parâmetros: a)- tecnológicos: otimização dos balanços material e energético do processo através de integração entre as diferentes linhas de produção, com conseqüente redução de insumos e capacidade ociosa dos equipamentos; exigências do processo como variedade da fruta, estágio de maturação, utilização de vácuo na redução de temperaturas do material em processo, pasteurização do produto e técnicas de condicionamento e embalagem; b)- toxicológicos: produtos que atendam as exigências governamentais, de saúde pública dos diferentes países, exigências de segurança dos alimentos como níveis de metais pesados e de agroquímicos presentes; c)- microbiológicos: níveis de contaminação microbiológica e *shelf-life* dos produtos; d)- satisfação do consumidor: avaliações sensoriais como sabor, cor, textura, aroma, aparência, presença de defeitos, avaliações de consumo e de preço final do produto.

<sup>1</sup> Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Departamento de Engenharia Química (EQ). e-mail: [lmipoiani@power.ufscar.br](mailto:lmipoiani@power.ufscar.br).

<sup>2</sup> Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Engenharia Produção (DEP). e-mail: [gabbys01@yahoo.com.br](mailto:gabbys01@yahoo.com.br)

## MATERIAIS E MÉTODOS

A discussão técnica e pesquisas de melhorias de projetos instalados, vem sendo realizada através de visitas técnicas e reuniões com pesquisadores e representantes dos países produtores e promovida por programas de desenvolvimento do cultivar:

- o “Aprovechamiento del Plátano”, INIBAP, Instituto Canário de Investigación Agrária, Tenerife / Espanha, outubro 1999;
- o “Aprovechamiento de Subproducts y Manejo de Desechos de la Produccion Bananera. Hacia Nuevas Oportunidades Empresariales”, EARTH, Guácimo / Costa Rica, novembro-1999;
- o “V Reunion MUSALAC”, INIBAP, San José / Costa Rica, outubro-2004,
- o “Proyecto Banano Orgânico”, INIBAP-OEA, Alto Beni / Bolívia, dezembro 2004;
- o “1<sup>st</sup> Global Banana Enterprises Workshop and Banana Techno Fair”, INIBAP, Manila / Filipinas, outubro-2005;
- o “Simpósio Internacional Usos Agroindustriales de la fruta de Banana y Plátano”, INIBAP, Colima / México, Mayo-2006.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

### AGROINDÚSTRIA PROCESSADORA DE *MUSA* EM CAMARÃO

Em Camarão existem poucas fábricas processadoras de *musáceas*. Os principais produtos são banana seca, chips de banana ou *plantain*, aguardente de banana e produtos artesanais derivados de fibras extraídas da bananeira (Newilah, 2005).

Apresenta-se dentro de um estudo de caso, análise do processamento para duas fabricas distintas (A e B) processadoras de *banana desidratada*. O fluxograma de processo para as duas unidades são semelhantes: 1. Tratamento da matéria-prima *Foconah* (Musa AAB), *Figue Pomme* (Musa AAB), *Gros Michel* (Musa AAA), *Pisang Mas* (Musa AA): maturação dos frutos e lavagem; 2. Qualidade adequada da fruta: seleção por peso e tamanho (fruta inteira), descascamento, corte e inativação enzimática por banhos em solução antioxidante; 3. Secagem em fatias ou polpa inteira: secador de madeira com bandejas e cremalheira de vime, tempo de secagem (36-48h dependendo da fonte de energia); 4. Produtos embalados em bolsas de polipropileno em unidades de 20, 40, 100, 200 e 500 g, selados e etiquetados com seladora elétrica. Os produtos encontram-se em fase de certificação pelas entidades regulamentadoras de Camarão e são distribuídos em hotéis e supermercados, com preços variando de US\$ 2 a 7 (100 a 500 g). Para a fábrica A os secadores são construídos de madeira e revestidos internamente com alumínio, com sistema de aquecimento importado e utilizam como fonte de energia a eletricidade. Possuem equipamento para monitoração da temperatura e tempo de secagem. A fábrica B utiliza gás como fonte de energia, o secador é mais rústico não apresentando revestimento interno. *Chips*, para o chips de banana, exemplificam-se duas fábricas (C e D), com processamento similar: 1. Matéria-prima (banana de cocção ou *plantain*): Limpeza e lavagem das frutas; 2. Seleção e Descascamento; 3. Tratamento da polpa: adição de sal (não usual), fatiada em ralador de madeira e adicionada diretamente no óleo quente; 4. Fritura: o tempo de fritura e temperatura do óleo não são controlados, gerando produtos com retenção excessiva de óleo; 5. Embalagem: em bolsas de polietileno contendo de 80 a 100 g de chips com preços variando de US\$ 0,17 a 0,21 cada 100 g. Produzem também um produto espessante, não certificado, processado a base de casca e utilizado principalmente como ingrediente na preparação culinária. 6. Produto final: distribuídos principalmente em postos de gasolina. As fábricas C e D utilizam equipamentos artesanais típicos de cozinha industrial de pequeno porte. A fábrica C utiliza a madeira como fonte de energia e a D gás liquefeito. A qualidade do produto de ambas é comprometida visto não existir controle do tempo e temperatura de fritura. Os produtos são distribuídos em postos de gasolina, lojas e supermercados. *Aguardente*, processo: 1. Matéria-prima: limpeza e lavagem das frutas, armazenamento até atingir super-maturação; 2. Descascamento, corte e moagem (tritador de inox); 3. Fermentação: o mosto é obtido a partir da mistura da fruta triturada com vinho de palma (fonte de levedura), armazenado em dornas (vasos cilíndricos) por 3-4 dias para atingir a fermentação; 4. Filtrado: o vinho obtido é peneirado para separação da polpa do suco; 5. Destilação: processo em batelada e utilizando madeira como fonte de energia, o condensador é de cobre utilizando água a temperatura ambiente como fluido de condensação; 6. Produto: coletado em containers, podendo ser composto com extratos da flora africana (na produção de *drinks*) e embalado, etiquetado e selado em sacos de polietileno de 50ml, sendo comercializado a US\$ 0,32. Análise da tecnologia: rudimentar, descontínua e utiliza equipamentos artesanais durante todas as operações do processo. A qualidade do produto final é

questionável, visto não haver análise química de qualidade tanto do teor de sacarose e pH da matéria-prima, quanto de impurezas (álcoois superiores, metais pesados) do produto. O *drink* é embalado em papel não recomendável e selado com seladora a quente.

### AGROINDÚSTRIA PROCESSADORA DE MUSA EM COSTA RICA

A agroindústria de *musáceas* em Costa Rica varia desde a empresa familiar de subsistência até a grande empresa de alta tecnologia e inovação (Del Valle e Artavia, 2005). Nas empresas associativas o plátano constitui matéria-prima usual. São geralmente constituídas por grupos de mulheres indígenas, ou familiares onde o pai é responsável pelo fornecimento de matéria-prima, a mãe pelo processamento e os filhos comercializando nas ruas. As empresas privadas de médio e grande porte utilizam a banana como matéria-prima principal, caracterizam-se por pertencerem ao grupo de empresas nacionais e internacionais, com bom nível tecnológico e por buscarem mercados externos para produtos exóticos locais como: *snacks*, frituras e massas diversas. Os produtos autóctones de plátano (*patacones*, *tostones* e fatias maduras fritas) são produzidos por empresas que possuem instalado o sistema de congelamento rápido individual (CRI) e que processam produtos similares, como frutas, hortaliças e tubérculos. O CRI é utilizado para produtos nobres visando manter a textura original. Uma linha mais avançada de aproveitamento do plátano é a preparação de pré-formados a partir de massas e que utilizam o sistema de congelamento profundo (CP). O sistema de CP tem a ação de reduzir as reações químicas e possíveis alterações nas proteínas. É efetivo para conservar culturas microbianas com congelamento rápido a  $-50^{\circ}\text{C}$  e  $-95^{\circ}\text{C}$ . Os principais produtos são derivados do *plantain* maduro (flocos fritos, pedaços congelados e fritos, pedaços em xarope, pedaços fritos, pré-formados e purê) e do *plantain* verde (farinha, pré-cozido, fatias redondas, flocos fritos, pré-formados, purê e *patacones*). Os problemas mais usuais encontrados nas pequenas e médias empresas no meio rural: Equipamentos: falta de capacidade, inadequados e obsoletos; Disponibilidade de Suprimentos: preços altos, falta de informação; Processo produtivo: depende da oferta e da demanda, individualismo entres as empresas, qualidade não uniforme da matéria-prima, uso de equipamentos tradicionais; Mercado & Marketing: mercados irregulares e falta de inovação. A tecnologia utilizada na produção de *chips de plátanos* (verdes ou maduros) é artesanal, dependendo muito da habilidade e experiência do operário. O processo de produção: 1. Recepção da matéria-prima e armazenagem em pátio coberto, sem controle de qualidade; 2. Maturação em pátio coberto, sem controle do grau de maturação inicial; 3. Descascamento e lavagem de forma descontínua, sem uso de esteiras e em pátio coberto, havendo presença de resíduos da casca; 4. Corte: feito com cortador manual, sem uniformidade da fatia e com espessura dependendo do trabalhador; 5. Fritura: utiliza cesta de aço inoxidável, azeite como agente de fritura e lenha como fonte de energia. As fatias são incorporadas ao azeite em constante agitação com controle de tempo e temperatura; 6. Drenagem: as fatias são retiradas do cesto e drenadas; 7. Salga: utiliza-se sal comum, havendo dispersão do mesmo; 8. Empacotamento: em mesa de aço inoxidável, uso de balanças, bolsas plásticas, seladas em processo manual; 9. Armazenamento: vida útil de um mês. O produto é comercializado em bolsas de 70 g. Cumprem as normas de qualidade do Ministério da Saúde Local, com inspeções mensais.

### AGROINDÚSTRIA PROCESSADORA DE MUSA NA ÍNDIA

A Índia produz mais de 140 milhões de toneladas anuais de frutas e vegetais (F&V). Sendo o maior produtor de banana do mundo (Narayana *et al.*, 2005). Anualmente produzem cerca de 16,8 milhões de toneladas de banana e *plantain*. Os maiores estados produtores: Tamil Nadu, Maharashtra, Karnataka, A.P., Assam, Gujarat, Bihar, West Bengal e Kerala. A média de produtividade do país gira em torno de 34,3 ton/ha, chegando a atingir 60 ton/ha. O processamento anual de F&V é da ordem de 2,4 milhões de toneladas. Existem no país cerca de 5.000 unidades registradas, com 70% localizadas no setor rural e consideradas de pequena escala produtiva. Com relação ao processamento da *Musa*, 90% da produção é consumida localmente como fruta fresca, 5% consumida na forma processada (2,5% como produtos processados derivados das *musáceas* e 2,5% como ingredientes em outras comidas). O produto primário é o chips (1,8% da produção total de *musa*) com produção de 0,1 milhões de toneladas e receita superior a US\$ 100 milhões. Outros produtos derivados das *musáceas*: farinha, purê, pickles, suco, geléias, *baby food*, molho, bolo, alimentos de extrusão, *bajji*, *pazham pori*, *porial/avial*, *payasam*, *vadai/cutlet*, *curry (kofta)*, *milk shake*, *laddu*/balas doces, fibras e produtos derivados das fibras. *Chips*, indústria que mais utiliza as *musáceas*, consumindo 55% da produção agrícola de *plantain*. Caracteriza-se por pequena empresa de âmbito rural, com mercado basicamente local. As etapas do processamento: 1. Descascamento: *plantain* totalmente maturado, descascado longitudinalmente; 2. Salga: água salina (1%); 3. Corte e Fritura: cortado diretamente no

óleo de côco, adição de água salgada durante a fritura; 4. Secagem: drenagem com escumadeira perfurada; 5. Resfriamento, Empacotamento e Armazenamento. Características principais da indústria: custo baixo da hora trabalhada, disponibilidade de matéria-prima, demanda crescente de mercado com potencial de exportação e possibilidades de variações no sabor do produto e no processamento de *snacks*. Flor de banana, o processamento da flor e a produção de pickles (a indústria de pickles de F&V na Índia movimentam mais de US\$ 250 milhões anuais) constituem uma nova entrada na indústria de derivados da banana, aproveitando desperdícios do cultivar. Existem restrições, devidos a problemas enzimáticos quanto a variedade da matéria-prima a ser utilizada para o processamento da flor, *Cavendish* não é adequada. As etapas do processamento: 1. Remoção: dos brácteas dos botões de flor masculina e dos estames individuais; 2. Lavagem: das flores; 3. Inibição enzimática/branqueamento com vapor; 4. Moagem: até ponto de pasta; 5. Fritura: usando pouco óleo (suficiente para remover a umidade); 6. Condimentação e Resfriamento; 7. Armazenagem: adição de vinagre e armazenagem a temperatura ambiente em recipientes esterilizados. Picles da fruta, etapas do processamento: 1. Descascamento; 2. Corte; 3. Inibição enzimática/branqueamento; 4. Fritura; 5. Condimentação; 6. Empacotamento. Os pontos positivos dessa indústria são: disponibilidade e baixo custo da matéria-prima e mão de obra, processamento tecnológico simples, maquinário disponível localmente, vida longa do produto e eletricidade subsidiada. As oportunidades são: demanda de mercado crescente, o produto possui múltiplas utilidades, baixo custo de produção, produto de exportação. As dificuldades: novo produto sem hábito de consumo, necessidade de publicidade para competir com produtos similares. Fibra de banana, a fibra da banana é obtida do pseudo-caule pós-colheita, cada hectare de plantação de banana tem o potencial de render aproximadamente 340 kg de fibra. São utilizados os dois tipos de processamento manual e automático. O manual: 1. Coleta: das bainhas da banana; 2. Descascamento: do pseudo-caule; 3. Corte: das bainhas a um comprimento de dois pés e raspagem com faca para remoção da medula; 4. Lavagem: da seda da fibra fina; 5. Secagem e Empacotamento; 6. Adição de cor: adiciona-se a cor à água fervendo e embebição da fibra por algumas horas; 7. Secagem e Empacotamento. Já o processo automático utiliza equipamento de pequeno porte, constituído de dois cilindros (um estacionário e outro rotativo) e com batedores metálicos. A bainha alimentada no cilindro fica retida em uma extremidade, o movimento do cilindro estira a bainha simultaneamente para remoção da medula. Os lados da bainha são invertidos para obtenção dos cordões de fibras finas. As principais características para esse tipo de indústria são disponibilidade de matéria-prima; treinamento em técnicas de produção facilmente disponível; tecnologia de processamento fácil; maquinário disponível localmente mas de baixa qualidade; baixas inversões; produto não perecível; demanda crescente do produto, mas com preços não atrativos; custo de produção baixo; produto de fácil exportação e ausência de um marketing agressivo.

#### AGROINDÚSTRIA PROCESSADORA DE MUSA EM MALAWI

Em Malawi, as indústrias processadoras de *musáceas* caracterizam-se por pequenas empresas transformadoras. Na sua maioria processam vinho de banana, secagem de bananas maduras, fabricação de *snacks* (chips, banana assada, *muffins*, bolos...), fabricação de papel e produtos artesanais (Mshani *et al.*, 2005). O setor de processamento de pequena-escala em Malawi encontra-se em fase inicial. O processamento de bananas é limitado a uma pequena escala de produtos. As frutas são usualmente consumidas frescas, com o processamento concentrado na fabricação de confeitos como biscoitos, panquecas, pães e *muffins* de banana. Além disso, alguns grupos estão engajados na fabricação de vinho. Os produtos artesanais, como esteiras e chapéus, pertencem ao setor informal. Por outro lado, a indústria de manufaturamento concentra-se na utilização de bananas como flavorizantes em produtos tipo iogurtes, *yogie*, *yogie sip* e *mahewu*. Ausência de técnicas de processamento apropriadas, problemas de gestão das empresas, bem como dificuldades do insumo energia, geram um baixo desempenho em termos de qualidade e quantidade dos produtos. O processo da geléia e snacks: 1. Matéria-prima: bananas maduras; 2. Limpeza: água em containers plásticos; 3. Descascamento e corte: manuais utilizando facas para o corte; 4. Inibição enzimática: utilizando bacias, peneiras e retenção em suco de limão para por 5 minutos; 5. Secagem: secador solar, duração de 3 a 7 dias; 6. Empacotamento: pacotes de plásticos de 30 g, retirada do excesso de ar; 7. Armazenamento: em ambiente ventilado e com pouca umidade. O processo da banana desidratada: 1. Matéria-prima: maturação; 2. Limpeza: pesagem, lavagem e esterilização, em água clorada; 3. Descascamento: facas afiadas; 4. Corte: longitudinal em partes iguais; 5. Embebição: metabisulfato de sódio, 5-10 min, preserva a cor e realça o sabor; 6. Secagem: secador elétrico por 30 horas; 7. Armazenagem. O processo da obtenção do papel: 1. Matéria-prima: aparas de papel e cascas de banana; 2. Polpação: utilizando triturador industrial, adição de água para formar pasta; 3. Corte: das cascas em pedaços, utilizando tesouras; 4. Polpação das cascas: utilizando máquina



(batedor *Holinder*), adição de água para formar pasta; 5. Mistura: das duas pastas em um cilindro com agitação; 6. Empilhamento: utilizando tecidos de algodão, dispostos em mesa plana, com as polpas espalhadas entre os tecidos para secagem; 7. Secagem solar: em estrutura tipo varal com os tecidos e polpas penduradas em linhas; 8. Acabamento: utilizando máquina para alisar o papel; 9. Corte: utilizando um cortador, para alisar as bordas; 10. Produto Final: obtido em superfície plana e larga, com as folhas de papel já secas sendo destacadas da roupa, passadas e cortadas; 11. Armazenamento.

### AGROINDÚSTRIA PROCESSADORA DE MUSA NA MALÁSIA

Na Malásia, a banana tem sido tradicionalmente cultivada em pequenos arrendamentos. O rendimento médio é de 5,33 ton/ha. A fruta é principalmente consumida fresca ou como purê. O purê é comercializado congelado em lata ou embalado assepticamente. Especialmente usado como base para produtos processados tipo *baby food*, *snacks* (chips de banana e *plantain*, banana desidratada, biscoitos e *crisps*), padaria e confeitaria, molhos e também para sucos e fermentados derivados como cerveja e vinho (Masdek *et al.*, 2005). Chips salgados, são processados da banana verde maturada (escala 1-2). As bananas são descascadas, cortadas e fritas em óleo de cozinha a 190°C por 5 min. Efetuada a drenagem do excesso de óleo são polvilhadas com 3% de sal de mesa. Também podem ser parcialmente desidratadas e revestidas com *toffee* ou mel. Chips doces, são processados da banana verde maturada até o índice de cor 1 e 2. As fatias de banana são fritas em óleo de cozinha a 160°C por 3 min. Depois embebidas em xarope. Esse processo é alternado mais duas vezes antes da fritura final. Para a produção do biscoito de banana, a farinha de tapioca e o purê de banana são os ingredientes principais. O purê é misturado completamente com a farinha (relação de 2:3) para formar uma mistura uniforme. Adiciona-se água e sal e homogeneização para formar uma massa de pão uniforme. A massa antes de passar pelo cozimento é deixada repousar, em formas, por 2 horas. A massa cozida é resfriada durante a noite a 5-10°C, seguida de corte (2,0-2,5 mm de espessura), secagem e resfriamento final. A secagem efetuada em dois estágios, o primeiro a 45°C por 1,5 horas e o segundo a 60°C por 5 horas. Antes de empacotadas são resfriadas. Esse tipo de biscoito precisa ser frito em óleo a 190°C antes do consumo. Na produção de crisps de banana, utilizam-se os mesmos ingredientes da fabricação de biscoitos, com adição de farinha de arroz e condimentos. Os ingredientes são misturados para formar uma massa uniforme, dispostas sob pressão em bandejas e cozidas por 2,5 horas. Depois de resfriada, corta-se em tiras de 1 cm de espessura e secagem similar a do biscoito. Antes do consumo são fritos em óleo a 190°C por 15 segundos. Banana desidratada, bananas maduras são descascadas, cortadas longitudinalmente, sofrem fumigação com anidrido sulfuroso e secagem até umidade final inferior a 15%. Apresentam coloração marrom escura caracterizando problemas de inibição enzimática. O produto pode ser consumido como *snack* ou picado e utilizado junto com casca de limão em bolos ou outros produtos de padaria. Tradicionalmente, o processo de obtenção envolve secagem ao sol de bananas processadas durante o dia e defumadas a noite. O processo leva 3 dias e 3 noites para se obter o produto desejado. Este processo pode ser modificado utilizando secadores que levam de 4 a 5 horas para secar as bananas tratadas. A temperatura de secagem varia de 70-80°C por 9-10 horas. Podem ser conservadas por mais de 6 meses se empacotadas em polipropileno (0,125 mm). Contém 12,5% de índice de umidade, 0,2% de índice de gordura, 5,1% de índice de proteína, 78,8% de índice de carboidratos, e cada 100g contém 337 kcal, 950 mg potássio e 840 mg de sódio. Pão de Banana/Banana empanada, a tecnologia utilizada é de revestimento-congelamento. Utiliza tanto variedades de banana de cocção (devem ser processadas antes do consumo) como variedades de banana de sobremesa (consumidas frescas). A banana de cocção maturada até o índice de cor 5 e 6, é muito utilizada para fabricação desse produto. As variedades mais adequadas são *Nangka*, *Gading* e *Abu/Nipah*. As bananas inteiras são pré-tratadas antes de serem descascadas, moídas, empanadas e congeladas bruscamente a -18°C. Empacotadas em polietileno de alta densidade e conservadas por congelamento, com validade de 1 ano a -20°C. São consumidas tanto fritas a 170°C por 3-4 min em óleo de palma, quanto assadas a 120°C por 15 min em um forno convencional. Fatias de banana enlatadas, fatias ou pedaços de banana com teor de açúcar de 17-19%, podem ser enlatadas em xarope acidificado extra pesado (28° Brix) e armazenadas congeladas em containers selados a vácuo. Iogurte de Banana, o processo tem sido desenvolvido pelo processamento de iogurte com 18% de purê da banana. O iogurte é cremoso, homogêneo, estabilizado (sem separação do soro) e excelente em sabor. Contém 23,2% de carboidratos, 2,9% de proteína e 1,9% de gordura. O pH varia de 3,8 a 4,4. Molho de Banana, o purê de banana pode ser processado na forma de molho apimentado e molho doce. O primeiro é preparado com purê apimentado, alho, açúcar, amido, goma e ácido, o segundo com purê, açúcar, sal, óleo vegetal, goma e ácido. Ambos sofrem aquecimento até a mistura atingir 42° Brix,



envazados a quente em garrafas de vidro e imediatamente fechados. Barras de Banana, o purê é misturado com pectina, goma arábica e glicose líquida para ajuste de pH e Brix. Depois é aquecido, tratado com 0,1%  $K_2S_2O_5$  e seco até umidade final de 12-16% em secador tipo túnel. Massa de banana, o produto é processado através do aquecimento do purê de banana junto com açúcar, amido e ácido. Utilizado para fabricação de bolos, tortas, cookies, etc. Bola de Banana, processada através da mistura de purê com solução de *high-G alginate-sucrose*, colocado em molde e imerso em solução de *lactato de cálcio*. O produto destaca-se do molde após 2 min. Pode ser armazenado em 30% de xarope e pasteurizado ou embalado a vácuo; e congelado seco. Banana Roll, obtida de desidratação do purê da fruta madura na forma de massa folheada onde são cortados, enrolados e consumidos como confeitos doces. No Brasil existe algo semelhante feito com mamão verde. O processo envolve a desidratação da mistura purê, açúcar, xarope de glicose ou mel (para evitar endurecimento), *maltodextrin* (para melhoria da textura), pectina e ácido cítrico em bandeja revestida de teflon alinhada com plástico até umidade final de 15-18%. A massa folheada é removida da bandeja, cortada e enrolada. O produto final pode ser seco tanto em bandejas antiaderentes ou revestidas com teflon, quanto em bandejas de aço inoxidável. Secagem efetuada em secador tipo estufa a 60°C por 5-6 horas.

### AGROINDÚSTRIA PROCESSADORA DE MUSA NA NICARÁGUA

Na Nicarágua a indústria de alimentos é tipicamente de pequena escala de produção. No caso específico do processamento das *musáceas*, apresenta-se de forma artesanal, com produções familiares, e micro-empresas semi-industriais que comercializam a nível nacional de forma direta aos pequenos distribuidores. Estas empresas possuem limitações em suas capacidades técnicas e gerenciais para posicionarem-se efetivamente nos mercados (Contreras *et al.*, 2005). Chips de plátano. 1. Recepção da matéria-prima: obtida localmente, não há dificuldades de disponibilidade; 2. Lavagem e Descascamento: a lavagem é feita em pias contendo água, detergente e cloro, sem conhecimento sobre a concentração do uso dos sanitizantes. O descascamento é feito manual; 3. Corte e Fritura: corte manual. Não há equipamentos que melhorem os rendimentos, constituindo uma demanda tecnológica local. A fritura é feita em azeite, sem controle de temperatura e da qualidade do azeite; 4. Embalagem e Armazenamento. Produção papel ecológico: 1. Corte: manual; 2. Desmedulagem: separação das fibras (celulósicas), 2-3 dias em água; 3. Liquefação: facilitar a extração da celulose e reduzir o tamanho da fibra; 4. Diluição: a definição da espessura da lâmina de papel é empírica; 5. Imersão do quadro: mergulhar o quadro em solução e definir características do papel (espessura, tamanho e pureza); 6. Escorrimento do quadro: eliminar excesso de água; 7. Laminagem, Prensagem e Transferência; 8. Secagem.

### AGROINDÚSTRIA PROCESSADORA DE MUSA NA NIGÉRIA

Principais produtos processados na Nigéria a partir da banana: fibras, chips, *kruit burst*, iogurte, cereal, *drops*, *baby food*, sorvetes, biscoitos e *cerelac*. Os produtos produzidos do *plantain*: *plantitos*, *soyamusa*, *ipekere*, *dodô Ikire*, flocos, produtos fermentados, *eepa*, *etipupu*, *moinmoin* (farinha de *plantain*) (Akinyemi, 2005). Tecnologias utilizadas para produção: Chips, com tecnologia simples, processo rentável economicamente, descontínuo, sem automação. Etapas: 1. Descascamento; 2. Fritura: cinzas de carvão ou lenha como fonte de energia; 3. Armazenamento. Chips, com tecnologia automatizada, linha de processamento rápido com área ocupada de 600m<sup>2</sup>; 1. Descascamento: manual; 2. Corte: automatizado, taxa 5kg/min; 3. Fritura: taxa de 4kg/min; 4. Empacotamento: automatizado. Sopa Black, manual (basicamente uma mistura de cinzas + óleo de palma, soda cáustica, aroma e vagem); Gin, cerveja, vinho e malte, manual (descascamento, mistura, fermentação, destilação para o gin e engarrafamento). Dodô Ikire, utiliza tecnologia indígena com trabalho intensivo. 1. Matéria-prima: todos os materiais utilizados são obtidos no mercado local; utiliza banana super maturada; 2. Descascamento: manual, facas em locais abertos; 3. Corte; 4. Fritura: óleo de palma, lenha, escumadeira; 5. Drenagem e Moldagem: escumadeira, bacia de alumínio, pilão, cones de plástico. Depois de frito, colocados em funil e prensados por 1 hora; 6. Condimentação e Embalagem: feito com semente de pimenta seca; 7. Armazenamento. Farinha. 1. Matéria-prima; 2. Descascamento: manual; 3. Corte; 4. Secagem e Moagem: automatizada, secagem feita em processo batch, em secadores de cabine; 5. Armazenamento.

### AGROINDÚSTRIA PROCESSADORA DE MUSA NAS FILIPINAS

O volume total de bananas produzido nas Filipinas em 2004 foi de 5.631.250 toneladas métricas. Deste volume 29% foi para exportação fresca, 18% para processamento e 49% consumida no mercado local (Arturo *et al.*, 2005). Os maiores cultivares: *Cavendish* e *Senõrita* para o mercado de

exportação fresco, *Saba* e *Cardaba* para os produtos processados (chips e biscoitos), *Lakatan*, *Bungolan*, *Latundan* e *Senõrita* para o mercado local fresco. Principais produtos produzidos: *snacks* (chips, biscoitos), molho (*catsup*), flavorizantes, extratos, ingredientes para alimentação, fibras e derivados, forros, alimentação animal e fertilizantes orgânicos. Na região de Mindanao existem 26 plantas processadoras de chips com capacidade de 20-60 ton/dia por planta. O volume total de chips produzidos é de 242 toneladas/dia e estima-se a exigência do mercado Filipino para chips de banana em 600 toneladas/dia. Em 2004 as Filipinas exportaram 36.538 toneladas de chips com uma receita de US\$ 36,86 milhões. Processo, Chips e Biscoitos de banana, balanço material: processa-se 2.400 dedos de banana por batelada em 5 horas, obtendo-se 80 kg de chips. No verão as cascas são utilizadas como combustível. O óleo é reaproveitado. Etapas, 1. Lavagem da matéria-prima; 2. Descascamento e Corte: manual; 3. Fritura: colocados em baldes com água e depois fritos; 4. Drenagem: do óleo; 5. Armazenamento: após resfriamento (24 horas) são armazenados em *sachet* de plástico (polipropileno) com capacidade de 100 e 150 g. A fornalha é rudimentar, tecnologia indígena, e alimentada com casca de arroz; Chips com mel, são produzidos adicionando-se os chips em calda açucarada.

#### AGROINDÚSTRIA PROCESSADORA DE MUSA NA TANZANIA

Os tipos de bananas plantadas na Tanzânia são agrupados em bananas tradicionais, exóticas e novas (introduzidas desde 1997 - FHIA01, fhia02, FHIA03, FHIA17, FHIA22, FHIA23, FHIA25, Yangambi km5, SH3436-9, Peripita, Cardaba) (Mgenzi *et al.*, 2005). Aproximadamente 95% das bananas produzidas na Tanzânia são consumidas frescas e 5% processadas de forma artesanal. Principais produtos: pão, suco (*mulamba*), farinha, *chapattis*, destilados (*konyagi*), vinho de banana, cerveja (*rubisi*), banana assada, chips secos, biscoitos, massas (*balagara*), artesanato (esteiras, bolsas, envelopes, cartões postais, retratos de parede e chapéus de bainhas da banana). Processos: Mulamba (suco), necessita-se da piroga que é feita de árvores de mais de 1 m de diâmetro, grama (meio filtrante) para a extração do suco (o volume de grama necessário depende da quantidade de bananas maduras a ser prensadas) e recipientes plásticos. É produzido de dois tipos, o primeiro mais doce é extraído das bananas maduras. O segundo é uma mistura do primeiro com água, na proporção de 1:2. O *mulamba* pode ser misturado com o *sorghum* para obtenção do *rubisi (cerveja)*. Geralmente, o *rubisi* é produzido pela maioria dos proprietários rurais a uma taxa de 200 litros/mês para consumo próprio e em dias festivos. A produção começou com a constatação de que o *mulamba* azedava (fermentava) após dois dias e não apresentava teor de álcool. Nessa época os proprietários bebiam a cerveja feita de *sorghum* que era amarga. Após descobrirem que o *mulamba* era doce e sem álcool e o *sorghum* amargo com álcool, passaram a adoçar a cerveja de *sorghum* com *mulamba*. A técnica de se utilizar a grama para separar o suco da banana fresca é originária da cultura local. O *konyagi* é o destilado do *rubisi*. Entretanto os produtores do *rubisi* não são necessariamente produtores de *konyagi*. Os produtores de *konyagi* compram o *rubisi*, armazenam por 5-7 dias para fermentação adicional, depois fervem e coletam o destilado. Estes produtos são dependentes uns dos outros em se tratando de equipamentos, o que permite o processamento integrado. A produção do vinho da banana teve a sua origem no aproveitamento da banana de descarte durante a colheita. As etapas para produção do Suco, Cerveja e Destilados (konyagi) são: 1. Matéria-prima; 2. Descascamento; 3. Extração do suco: por prensagem das bananas maduras; 4. Fermentação: mistura com *sorghum*, para fabricação de *konyagi*, utiliza-se tambor (com cerveja fermentada) por 5-7 dias; 5. Engarrafamento. Vinho, 1. Matéria-prima: bananas maturadas; 2. Mistura: adiciona-se água antes da fervura; 3. Extração: fervendo-se bananas super maduras e extraindo-se o suco por pressão e gravidade; 4. Refrigeração: adiciona-se açúcar e fermento após breve resfriamento do suco; 5. Sifonização e Fermentação: a fermentação ocorre em três etapas todas seguidas da sifonização, a primeira depois de 7 dias (vinho pré-maturo), a segunda depois de 21 dias (vinho pré-maturo), e a terceira depois de 30 dias (vinho maturo). Massa de banana (balagara): 1. Matéria-prima: banana madura; 2. Mistura: a banana é amassada e misturada com farinha de mandioca para formar uma massa de pão; 3. Corte e Fritura: corte em forma oval, e fritura em óleo fervente. Produtos derivados da farinha de banana: 1. Matéria-prima: bananas frescas; 2. Descascamento, Lavagem e Corte; 3. Secagem: secador solar; 4. Moagem: farinha de banana; 5. Mistura: com farinha de trigo; 6. Acabamento: a mistura é frita em óleo obtendo-se os produtos *chapattis*, *crisps*, *chichili*; ou então adicionando-se fermentos e flavorizantes, obtendo-se assados, biscoitos e pães.

#### AGROINDÚSTRIA PROCESSADORA DE MUSA NO BRASIL

A Índia continua liderando a produção agrícola com participação de 24,0% da oferta mundial de bananas (Souza, 2003). Outros países com significativa importância mundial na produção são, pela ordem, Brasil,

China, Equador, e Filipinas, com participações que variam de 8,0% a 9,5%. A Índia apresenta também a maior área plantada do mundo, contribuindo com 13,8%, seguida pelo Brasil com 11,3% e pelas Filipinas, com 8,9%. A Guatemala apresentou em 2004 a maior produtividade média, obtendo 49.390 kg/ha, seguida pela Costa Rica, com 44.444 kg/ha, enquanto a média mundial em 2003 foi de 15.191 kg/ha, a do Brasil ficou em 12.738 kg/ha. A agroindústria processadora no Brasil produz os seguintes produtos: purê da fruta madura, aromas de banana, biomassa da banana verde, doce de massa, compotas e geleados, néctar, suco e derivados fermentados, biogás, farinha de banana verde e semi-madura, chips, biscoitos, banana-passa e derivados (barras de cereais, barrinhas cobertas com chocolate, bolos e pães), flocos, pó (banana *dry*), cachaça, vinagre, licores, banana em calda, amido de banana, ração para alimentação animal e aproveitamento de resíduos para produção de polpa celulósica, têxteis e derivados artesanais (Poiani, 2003). Purê de banana madura, as pequenas e médias empresas produzem um purê de banana exclusivamente para o mercado interno e como matéria-prima de outros produtos. Os processos utilizados são tanto o acidificado, quanto o conservado por agentes químicos. Acidificado: 1. Matéria-prima: ponto 5 de maturação e análises do programa de controle de qualidade como pH, sólidos solúveis e amido; 2. Lavagem: lavador mecânico com água clorada conjugando banhos de imersão (remoção impurezas grosseiras) e aspersão (acabamento) sob pressão; 3. Descascamento e Seleção manual em esteiras rolantes de borracha sanitária; 4. Inibição ácida e correção de pH: banho em solução antioxidante de ácido ascórbico e cítrico por 2 min; 5. Inativação dos enzimas pelo calor; 6. Despolpamento; 7. Pasteurização, 8. Armazenamento em pequenos volumes (máximo 3kg) a temperatura de 8 °C. Purê conservado por agentes químicos processo similar ao anterior com inversões menores. Adiciona-se um agente químico, 200ppm de sorbato de potássio por kg do produto, conservando-se o sabor e aroma da banana por três meses a temperatura ambiente. As grandes empresas utilizam o método de processamento asséptico, produzindo desde o purê congelado até o asséptico. O processo utiliza tecnologia de vácuo e recuperação de aromas. As grandes empresas processam outras frutas de forma integrada. O purê de banana verde, ou Biomassa de Banana Verde como é chamado no Brasil, é obtido por processo semelhante ao de banana madura e contém basicamente amido resistente (20% em massa), um alimento funcional. Essa biomassa vem sendo utilizada por pequenos e médios processadores no processamento de inúmeros produtos alimentícios: macarrão, nhoque, lasanhas, tortas, produtos de panificação, espessantes, molhos, picles processados com a casca da banana verde (*caponata*) e etc... Existe hoje no Brasil, a AFBV, uma Associação de Fomento ao Uso da Banana Verde, visto a grande aplicabilidade dessa importante matéria-prima. O Doce de massa, ou compota é obtido a partir do purê misturado com sacarose, açúcar invertido, pectina e ácido (correção do pH) e concentrado até o Brix desejado em tachos abertos (pequena empresa) ou a vácuo (grandes empresas e com produtos de melhor qualidade). Comercializado em diferentes moldes. Farinha, Produto com mercado limitado, havendo excedente de produção no Brasil. Processo: 1. Matéria-prima: banana verde ou semi-madura, 2. Despolpamento, 3. Lavagem, 4. Descascamento, 5. Corte, 6. Sulfuração, 7. Secagem e Acondicionamento. O aproveitamento de derivados da fibra é feito de forma artesanal. O processamento de chips segue a tecnologia tradicional utilizando máquinas para corte da fruta e fritadeiras elétricas em leito óleo/salmoura e secagem final do produto. Apresenta um produto de ótima qualidade competindo com o similar da batata. A indústria de sucos e néctar apresenta problemas de mercado de produto, operando com capacidade ociosa e redirecionando a linha de produção para outras frutas. A banana passa produzida no Brasil apresenta umidade final de 15 a 25%. Basicamente os secadores são do tipo leito estático com um produto final de cor clara, não apresentando problemas de inibição enzimática. A banana passa é ingrediente de muitos produtos derivados como: barras de cereais, chocolate, produtos de panificação e salada de frutas. Dos produtos fermentados, o aguardente de banana é o que tem apresentado melhor potencial de mercado, com inúmeras fábricas processadoras no Brasil. O licor de banana vem apresentando um mercado crescente, tanto a nível interno quanto para exportação. Dos desidratados a salada de frutas, incluindo a banana vem apresentando mercado crescente.

## AGRADECIMENTOS

A Franklin E. Rosales, INIBAP/IPGRI, Costa Rica, Coordenador Regional de INIBAP para América Latina e Caribe, Charles Staver INIBAP/IPGRI, França, Coordenador Projeto Mundial de Processamento das Musáceas e Luis E. Pocasangre INIBAP /IPGRI, Costa Rica.

## BIBLIOGRAFIA

1. Akinyemi, S. O. S. 10<sup>th</sup> to 13<sup>th</sup> October, 2005. Analysis of Musa Processing Businesses and their Support Environment in Nigéria. "INIBAP's First Global Banana Uses Enterprises Workshop" and "Banana Techno Fair", Manila Southwoods Manor, Manila, Philippines.
2. Ali, A.K., Masdek, N. 10<sup>th</sup> to 13<sup>th</sup> October, 2005. Musa Processing Business in Malaysia. "INIBAP's First Global Banana Uses Enterprises Workshop" and "Banana Techno Fair", Manila Southwoods Manor, Manila, Philippines.
3. Artavia, V.S., Del Valle, I. W. F. 10<sup>th</sup> to 13<sup>th</sup> October, 2005. Caracterización de las Empresas Transformadoras de Plátano y su Entorno en Costa Rica. "INIBAP's First Global Banana Uses Enterprises Workshop" and "Banana Techno Fair", Manila Southwoods Manor, Manila, Philippines.
4. Arturo, A. S., Burgos, B. M., Eusebio, J. E., Nuevo, P. A., 10<sup>th</sup> to 13<sup>th</sup> October, 2005. Analysis of Banana Processing businesses and their Support Environment in the Philippines. "INIBAP's First Global Banana Uses Enterprises Workshop" and "Banana Techno Fair", Manila Southwoods Manor, Manila, Philippines.
5. Banda, D.L.N., Mbundungu, B., Msewe, R., Mshani, V. E., Ndolo, V., Nsanjama, M.N., Nyirenda, F.G., Sauzande, M. 10<sup>th</sup> to 13<sup>th</sup> October, 2005. A Study on the Analysis of Musa Processing Businesses and their Support Environment in Malawi. "INIBAP's First Global Banana Uses Enterprises Workshop" and "Banana Techno Fair", Manila Southwoods Manor, Manila, Philippines.
6. Blanco, F., Contreras, I. M., Varela, N., Vargas, G., Vargas, M. P. 10<sup>th</sup> to 13<sup>th</sup> October, 2005. Informe Final de Diagnóstico Sectorial de Pequeñas Empresas Transformadoras de Musa. "INIBAP's First Global Banana Uses Enterprises Workshop" and "Banana Techno Fair", Manila Southwoods Manor, Manila, Philippines.
7. Mgenzi, S.R.B., Mshaghuley, Nkuba, J.M., I.M., Staver, C., 10<sup>th</sup> to 13<sup>th</sup> October, 2005. A Study on the Analysis of Musa Processing Businesses and their Support Environment in Tanzania. "INIBAP's First Global Banana Uses Enterprises Workshop" and "Banana Techno Fair", Manila Southwoods Manor, Manila, Philippines.
8. Narayana, C. K., Sathiamoorthy, S., Sivakumar, S. D. 10<sup>th</sup> to 13<sup>th</sup> October, 2005. Musa Processing Businesses and their Support Environment in India. "INIBAP's First Global Banana Uses Enterprises Workshop" and "Banana Techno Fair", Manila Southwoods Manor, Manila, Philippines.
9. Newilah, G.N. 10<sup>th</sup> to 13<sup>th</sup> October, 2005. An analysis of Musa processing businesses and their support environment in Cameroon. "INIBAP's First Global Banana Uses Enterprises Workshop" and "Banana Techno Fair", Manila Southwoods Manor, Manila, Philippines.
10. Poiani, L.M. 10 a 14 novembro, 2003. Industrialização da banana. Processamento integrado de produtos e sub-produtos da bananicultura. Análise de viabilidade técnica e econômica. Anais V Simpósio Brasileiro sobre Bananicultura, Paracatu-MG-Brasil.
11. Souza, A.T. 2003. Mercado de Banana, IPEA – SC, Documento interno.



## CARACTERISATION COMPARATIVE DES FARINES CRUES DE NOUVEAUX HYBRIDES DE BANANE ET DE LA VARIETE ORISHELE DE BANANE PLANTAIN (*Musa spp*).

### COMPARATIVE CHARACTERIZATION OF RAW FLOURS OF SOME NEW BANANA HYBRIDS AND ORISHELE VARIETY BANANA PLANTAIN (*Musa spp*).

Coulibaly, Souleymane<sup>1</sup> & Nemlin, Gnopo Jean<sup>1</sup>

#### RESUME

La viscosité des farines crues de 4 nouveaux hybrides de banane est étudiée sur le viscosimètre Brabender en comparaison avec celle de la variété Orishele. Les hybrides CRBP 14, CRBP 39 et FHIA 21, qui disposent des mêmes caractéristiques rhéologiques que la variété Orishele, sont donc des bananes de type plantain. L'hybride FHIA 17 différent des autres cultivars est du type banane dessert.

#### SUMMARY

Raw flour viscosity of 4 banana new hybrids is determined on the Brabender viscosimeter, in comparison with those of Orishele variety. Hybrids CRBP 14, CRBP 39 and FHIA 21 and Orishele variety have the same rheological characteristics. These hybrids can be classified therefore among plantain banana type. Hybrid FHIA 17 which is different is a sweet banana type.

Keywords: byproducts, composition, viscosity

#### INTRODUCTION

Pour répondre à la demande sans cesse croissante de banane plantain, des hybrides plus performants ont été mis au point. Parmi lesquels sont notés les hybrides CRBP 14 et CRBP 39 de type plantain tétraploïde (AAAB), l'hybride FHIA 17 du groupe génomique AAAA, l'hybride FHIA 21 du groupe génomique AAAB.

En appoint à ces travaux d'agronomie, les chercheurs en technologie de la post-récolte ont porté leurs investigations sur l'étude des propriétés physico-chimiques, biochimiques et les qualités nutritives des nombreux cultivars de banane.

Dans le but de contribuer à la connaissance des aptitudes technologiques des hybrides banane CRBP 14, CRBP 39, FHIA 17 et FHIA 21, la présente étude, a pour objet de comparer quelques propriétés rhéologiques (viscosité) de leur farine crue avec celle de la variété Orishelé. Cela pour déterminer le potentiel de leur utilisation comme banane plantain (type Orishele) ou comme banane dessert.

#### MATERIEL ET METHODES

##### Matériel végétal

Les travaux ont porté sur les hybrides de banane CRBP 14, CRBP 39, FHIA 17 et FHIA 21 et sur la variété de banane Orishelé servant de témoin. Ces bananes proviennent de la Station de recherche sur les fruits et agrumes du Centre National de Recherche Agronomique (CNRA), située à Anguédédou à 20 kilomètres à l'Est d'Abidjan (5° 38' N, 4° 05' W). Elles ont toutes été récoltées au stade de maturation maximale (Mittra, 1997), c'est à dire à l'apparition d'un doigt mûr sur le régime. A partir de la date de floraison, cela correspond dans l'ordre pour les 4 hybrides CRBP 14, CRBP 39, FHIA 17 et FHIA 21 à 67, 92, 78 et 82 jours. La variété témoin Orishelé est récoltée à 70 jours.

##### Méthodes

##### Méthode de fabrication de la farine crue de banane

Les doigts de bananes des quatre hybrides (CRBP 14, CRBP 39, FHIA 17 et FHIA 21) et de la variété témoin sont d'abord épluchés à l'aide d'un couteau en acier inoxydable, lavés puis découpés en cossettes. Les cossettes obtenues sont séchées dans une étuve ventilée à 45°C pendant 48 heures. Le broyage suivi du tamisage de ces cossettes séchées permet d'obtenir la farine de banane.

<sup>1</sup> Station de Recherche Technologique/ Centre National de Recherche Agronomique  
08 BP 881 ABIDJAN 08, Côte d'Ivoire Email : [coulisouley@yahoo.fr](mailto:coulisouley@yahoo.fr).



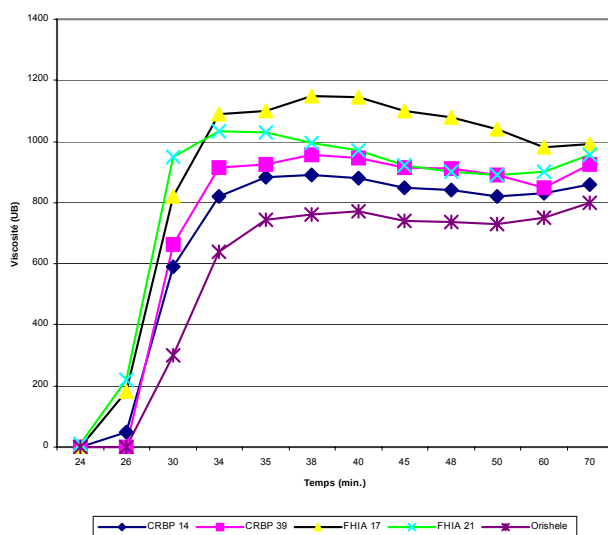
## Viscosité des farines

La viscosité des farines crues en fonction de la température est étudiée au viscoamylographe de Brabender model N°8025, de la société Brabender OHG Duisburg. Toutes les farines sont étudiées à une concentration de 6% de matière sèche, soit une quantité de 27 g de matière sèche dans 450g d'eau. Cette suspension de farine est introduite dans le viscoamylographe Brabender dont la température initiale est de 25°C. Elle est chauffée de 25°C à 95°C. Elle est ensuite maintenue à 95°C pendant 15 minutes, puis refroidi jusqu'à 50°C. La vitesse du rotor est de 75 tours/min. l'échelle de sensibilité (la torsion) utilisée pour l'enregistrement est de 250 Cmg.

## RESULTATS

Les viscoamylogrammes des farines des 5 cultivars de banane étudiés sont représentés à la figure 1. La farine de l'hybride CRBP 14 présente une viscosité nulle jusqu'à la 26<sup>e</sup> minute, où elle passe à 50 UB. Dans les 4 minutes suivantes elle atteint 590 UB, puis 820 dans les 4 autres minutes d'après. La viscosité maximale (890 UB) est enregistrée après 38 minutes ; et elle reste stable autour de la valeur moyenne de 853 UB.

Figure 1: Viscoamylogrammes des farines des 5 cultivars de banane



Au niveau de la farine de l'hybride CRBP 39, la viscosité reste nulle jusqu'à la 26<sup>e</sup> minute ; elle passe ensuite à 665 UB après 4 minutes, puis à 915 UB au bout des 4 minutes suivantes. La viscosité maximale (955 UB) est là aussi notée à la 38<sup>e</sup> minute ; elle reste constante autour de 915 UB.

La viscosité de la farine de l'hybride FHIA 17 nulle dans les 24 premières minutes, passe à 180 UB à la 26<sup>e</sup> minute, puis à 820 UB après 4 minutes. La valeur maximale de la viscosité (1150 UB) est enregistrée encore une fois à la 38<sup>e</sup> minute ; quant à la moyenne elle est de 1075 UB.

La farine de l'hybride FHIA 21 présente déjà une viscosité de 10 UB à la 24<sup>e</sup> minute ; cette valeur passe à 220 UB 2 minutes plus tard, puis à 950 UB dans les 4 minutes d'après. Le maximum (1035 UB) enregistré à la 34<sup>e</sup> se stabilise autour d'une moyenne de 955 UB.

Au niveau de la farine de la variété témoin Orishele, la viscosité passe de 0 à 300 UB à la 30<sup>e</sup> minute, puis à 640 UB 4 minutes plus tard. La valeur maximale (770 UB) n'est notée qu' à la 40<sup>e</sup> minute, la viscosité moyenne étant de 754 UB.

Tableau 1 : Caractéristiques des viscoamylogrammes des farines

|          | Tg (°C) | V <sub>m</sub> (UB) | V <sub>r</sub><br>(UB) | V <sub>e</sub><br>(UB) | t <sub>g</sub><br>(min) | t <sub>m</sub><br>(min) | T <sub>c</sub><br>(min) | V <sub>e</sub> -V <sub>r</sub><br>(UB) | V <sub>m</sub> -V <sub>r</sub><br>(UB) |
|----------|---------|---------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------|
| CRBP 14  | 74      | 890                 | 850                    | 860                    | 25                      | 39                      | 14                      | 10                                     | 40                                     |
|          |         |                     |                        |                        |                         |                         |                         | 1,2%                                   | 4,50%                                  |
| CRBP 39  | 77      | 955                 | 915                    | 925                    | 27                      | 38                      | 12                      | 10                                     | 40                                     |
|          |         |                     |                        |                        |                         |                         |                         | 1,2%                                   | 4,19%                                  |
| FHIA 17  | 74      | 1150                | 1100                   | 990                    | 25                      | 38                      | 14                      | -110                                   | 50                                     |
|          |         |                     |                        |                        |                         |                         |                         | -10,0%                                 | 4,35%                                  |
| FHIA 21  | 72      | 1035                | 920                    | 955                    | 24                      | 34                      | 10                      | 35                                     | 115                                    |
|          |         |                     |                        |                        |                         |                         |                         | 3,7%                                   | 11,2%                                  |
| Orishele | 77      | 770                 | 740                    | 760                    | 27                      | 40                      | 14                      | 20                                     |                                        |
|          |         |                     |                        |                        |                         |                         |                         | 2,7%                                   | %                                      |

**Tg** : Température du début de gélification ; **T<sub>c</sub>** : Temps de cuisson (Temps nécessaire pour atteindre la viscosité maximale à partir de l'apparition d'une augmentation de la viscosité) ; **V<sub>m</sub>** : Viscosité maximale ; **V<sub>r</sub>** : Viscosité après 15 min à 95°C ; **V<sub>e</sub>** : Viscosité à 50°C après refroidissement ; **t<sub>g</sub>** : Temps de début de gélification ; **t<sub>m</sub>** : Temps pour obtenir la viscosité maximale ; **V<sub>e</sub>-V<sub>r</sub>** : Indice de gélification ; **V<sub>m</sub>-V<sub>r</sub>** : Chute de la viscosité.

Les températures de début de gélification (Tg) des farines des 5 cultivars de banane sont sensiblement les mêmes (cf. Tableau 1); elles se situent autour de 75°C ; la plus basse (72°C) est notée chez l'hybride FHIA 21, la plus élevée (77°C) est enregistrée chez la variété Orishele et chez l'hybride CRBP 39.

L'hybride FHIA 17 qui présente une température de début de gélification (Tg) moyenne (74°C), dispose avec 1150 UB de la viscosité maximale (Vm) la plus élevée. Il est suivi par l'hybride FHIA 21 avec 995 UB et de L'hybride CRBP 39 avec 955 UB. La plus faible viscosité maximale (770 UB) est enregistrée chez la variété Orishele.

Ce classement reste le même concernant la viscosité atteinte après 15 minutes à 95°C (Vr); mais on note une diminution moyenne de 5% de ces viscosités par rapport aux viscosités maximales.

La chute de viscosité (Vm - Vr) notée au niveau des hybrides CRBP 14, CRBP 39 et FHIA 17 est sensiblement la même. Elle tourne autour de 45 UB soit environ 4,4%. La plus forte et la plus faible chute de viscosité (respectivement 115 UB et 30 UB soient 11,2% et 2,9%) sont enregistrées chez l'hybride CRBP 39 et chez la variété Orishele.

Après refroidissement à 50°C, des baisses des viscosités (Ve) par rapport aux viscosités maximales (Vm) sont notées. La plus forte variation (14%) est notée chez l'hybride FHIA 17, et la plus faible (1,3%) chez la variété Orishele.

Pour tous les 5 cultivars, les temps de début de gélification (tg) sont assez proches les uns des autres (seulement 3 minutes entre les valeurs extrêmes). Il en est de même au niveau des temps nécessaires (tm) pour obtenir la viscosité maximale : ces temps varient entre 38 et 40 minutes, avec cependant une exception chez l'hybride FHIA 21, qui nécessite seulement 34 minutes. Cet hybride présente d'ailleurs à partir de l'apparition d'une augmentation de la viscosité, le plus court temps (10 minutes) nécessaire pour atteindre la viscosité maximale (Vm). Pour tous les autres cultivars, ce temps est d'environ 14 minutes.

L'indice de gélification (Ve - Vr) varie de 35 UB (3,7%) pour l'hybride FHIA 21 à -110 UB (-10,0%), pour l'hybride FHIA 17, qui se singularise avec un indice de gélification négatif.

## DISCUSSION

Les viscoamylogrammes des 5 cultivars de banane (cf. Figure 1) présentent la même allure. Pour les hybrides CRBP 14, FHIA 17 et FHIA 21 les premières élévations notables de la viscosité sont en effet enregistrées après 26 minutes et à la température de 74°C. Cette variation n'intervient pour l'hybride CRBP 39 et la variété Orishele qu'à la 30<sup>e</sup> minute et à 77°C. Ces 2 températures sont celles du début de la gélification des farines de ces 2 groupes de banane. Amani *et al.* (1993) ont enregistré une température de 78°C pour le début de la gélification des amidons natifs de *Xanthosoma sagittifolium* (cv rouge et cv blanc). L'augmentation de la viscosité au début de la gélification est due à la solubilisation de l'amidon, correspondant à la formation de l'empois. Il s'ensuit une seconde phase au cours de laquelle il y a formation du gel (Leach, 1965 ; Duprat *et al.*, 1980).

Après refroidissement à 50°C, les indices de gélification ( $V_e - V_r$ ) des hybrides CRBP 14 et CRBP 39 restent très bas (10 UB). Cela augure de leur très faible capacité (de 1,2 %) à la reconstitution partielle du réseau macromoléculaire de l'amidon. Quant à l'hybride FHIA 21 et la variété Orishele avec des indices de gélatinisation respectifs de 35 et de 20 UB, leur capacité de reconstitution partielle du réseau macromoléculaire est meilleure (3,7 et 2,7%). L'hybride FHIA 17 présente un indice de gélatinisation négatif ; il n'a donc aucune capacité de reconstitution de son réseau macromoléculaire. Selon Leach (1965) et Duprat *et al.*, (1980), lorsque la température est abaissée progressivement jusqu'à 50°C, il y a rétrogradation par une reconstitution partielle du réseau macromoléculaire de l'amidon dans la farine : c'est la gélification. Cette reconstitution détermine la consistance finale du produit après refroidissement. Elle est fonction des concentrations d'amylose et d'amylopectine dans le milieu.

## CONCLUSION

Les travaux menés dans le cadre de cette étude ont permis de cerner certaines caractéristiques et propriétés des farines des hybrides de banane CRBP 14, CRBP 39, FHIA 17 et FHIA 21, en comparaison avec celles de la variété témoin Orishele.

Les résultats des déterminations montrent que l'hybride FHIA17 se singularise par rapport aux 4 autres cultivars, avec les plus petites valeurs pour ce qui est de l'indice de gélification des farines. Par contre la viscosité et le temps de cuisson sa farine sont plus élevés que ceux des autres cultivars.

Les résultats obtenus montrent que les hybrides de banane CRBP 14, CRBP 39 et FHIA 21 s'apparentent beaucoup à la variété Orishele. Par contre l'hybride FHIA 17 se différencie de façon notable tant des autres hybrides que de la variété Orishele. Ce résultat confirme les travaux de Vuylsteke et Hartman (1999), qui le classent parmi les bananes du type dessert.

Des travaux complémentaires sur les aptitudes de ces hybrides à la préparation des mets locaux, ainsi que des tests de dégustation permettront de connaître leur degré d'acceptabilité par le consommateur. Cela ouvrira des voies pour la sélection des hybrides à vulgariser dans le milieu paysan.

## BIBLIOGRAPHIE

1. Amani N. G., Aboua F., Gnakri D., Kamenan A., 1993. Etudes des propriétés physico-chimiques de l'amidon de taro (*Xanthosoma Sagittifolium*) I.A.A. oct. 1993 p. 136-142.
2. Duprat F., Gallant D.J., Guilbot A., Mercier C., Robin J.P., 1980, Dans les polymères végétaux. B. Monties Gauthier éditeurs. Paris.
3. Leach H.W., 1965. "Gelatinisation of starch" in Starch: chemistry and technology. Vol. 1: 289-307 Ed. R.L Whistler et E.F. Pashall, Pub, Acad.
4. Mitra S.K., 1997, *Postharvest physiology and storage of tropical and subtropical fruits*. CAB International, Wallingford, United Kindom. 423 p.
5. Vuylsteke, D.; Hartman, J.B. 1999 Advances in breeding for host plant resistance to banana diseases. *in* : Mobilizing IPM for sustainable banana production in Africa: Proceedings of a workshop on banana IPM. (Frison, E.A. (ed.); Gold, C.S. (ed.); Karamura, E.B. (ed.); Sikora, R.A. (ed.)). Workshop on banana IPM, Nelspruit(ZAF), 1998/11/23-28, (Anglais) INIBAP, Montpellier (FRA), 165-175

## DESARROLLO DE NUEVOS MATERIALES Y APLICACIONES A PARTIR DE LOS RESIDUOS GENERADOS POR LA AGROINDUSTRIA DE *MUSACEAS* COMESTIBLES EN COLOMBIA

### NEW MATERIALS AND APPLICATIONS FROM COLOMBIAN *MUSACEAS* COMESTIBLE AGRO-RESIDUES

Piedad Gañán<sup>1</sup>; Robin Zuluaga<sup>1</sup>; Javier Cruz<sup>1</sup>; Silvio Salazar<sup>1</sup>; Cristina Villa<sup>2</sup> & Darío Hincapié<sup>2</sup>

#### RESUMEN

La producción de frutos comestibles de *Musaceas* como el banano y el plátano es una importante actividad económica en Colombia. De hecho, este país es uno de los principales productores y exportadores de este tipo de frutas a nivel mundial. Sin embargo, esta actividad agrícola genera una importante cantidad de desechos agroindustriales, pues la fruta representa el 12 % del peso total de la planta. Los residuos fibrosos como vena central de las hojas, seudotallo o raquis tienen interesantes ventajas técnicas, ambientales y económicas que pueden ser empleadas en el desarrollo de materiales. En este trabajo se comentan algunos de los nuevos materiales y aplicaciones que se pueden desarrollar a partir de este tipo de materias primas, en especial del raquis y sus haces fibrosos, indicando que efectivamente este tipo de residuos se puede constituir en un nuevo tipo de materia prima para elaborar materiales amigables con el medio ambiente.

Palabras clave: Residuos fibrosos, fibras de *Musaceas*, materiales compuestos, aplicaciones.

#### SUMMARY

A comestible fruit production from *Musaceas* plants is an important economical activity in Colombia. This country is one of the most important producer in the world. However, it generates a large amount of agro-industrial residues because of the fruit is only 12 wt% of plant. Fibrous residues as leaf sheath, stem and bunch have several technical, environmental and economical advantages for developing of new materials. In this work, different new materials and applications of fibrous residues as bunch and their fiber bundles have been commented. According with this, *Musaceas* agro-residues can be a potential new raw materials for friendly environmental materials.

Keywords: byproducts, applications, banana fibers

#### INTRODUCCIÓN

En Colombia existen más de 400.000 hectáreas cultivadas de plátano y banano, cifra que ubica al país en los primeros renglones de producción de este tipo de fruta en el ámbito mundial. Una de las principales regiones de cultivo de plátano corresponde a la zona de Urabá (Antioquia), donde adicionalmente se concentra también la mayor explotación bananera, con más del 70% del área cultivada del mismo. En el caso del banano, esta actividad es desarrollada por grandes comercializadoras con miles de empleados ubicados en la región con sus respectivas familias, en tanto que para el plátano el 10% de los cultivos corresponde a explotaciones comerciales y el 90% restante de la actividad económica es realizada por cerca de 3000 familias, cuyos ingresos dependen exclusivamente de este cultivo. Estas comunidades se encuentran principalmente conformadas por minifundios de familias conformadas entre cinco y ocho miembros, con un promedio de ingresos mensuales cercano a las US\$ 300/mes.

Durante el proceso de corte y explotación del fruto, que incluye actividades de empaque y embalaje, se generan cerca de 2.798.400 toneladas métricas al año de residuos sólidos vegetales pues la fruta representa solamente el 12% del peso total de la planta. Estos desechos se encuentran compuestos principalmente por desechos no fibrosos y fibrosos. En el caso de éstos últimos, se encuentran principalmente en partes de la planta como raquis, seudotallos y vena central de las hojas. Todos ellos con diferentes niveles de contenido de fibras largas.

<sup>1</sup> Universidad Pontificia Bolivariana. Grupo de Investigación sobre Nuevos Materiales. Circular 1, No 70-01, Bloque 9, CIDI. Medellín-Colombia. Email: [frojo@upb.edu.co](mailto:frojo@upb.edu.co), [rzuluaga@upb.edu.co](mailto:rzuluaga@upb.edu.co).

<sup>2</sup> Corbanacol. Fundación social de Banacol. Calle 26 Sur No 48-12. Envigado-Colombia. Emails: [gloria.villa@banacol.com.co](mailto:gloria.villa@banacol.com.co), [Dario.hincapie@banacol.com.co](mailto:Dario.hincapie@banacol.com.co)

Sin embargo, la disposición final de los estos residuos, se ha venido constituyendo en un serio problema ambiental en los últimos, tanto en las zonas de cultivo y como en los centros de acopio de las ciudades, que tal como se evidencia en el caso caso de Medellín (segunda ciudad en importancia económica en Colombia), en las cerca de cinco plazas de mercado minoristas existentes en la ciudad, se recogen en promedio 1000 toneladas métricas por día de tan sólo raquis de *Musaceas*. Una de las alternativas para que existe para su disposición es su ubicación en forma de compostage. Sin embargo esta práctica presenta problemas asociados tanto a la generación de olores como a los largos períodos de degradación que tienen lugar debido a la fuerte interacción que se presenta entre la celulosa y los componentes no celulósicos de las paredes vegetales celulares (Nguyen y Saddler, 1991), y que reducen o condiciona de forma importante la eficiencia de los procesos enzimáticos requeridos (Fan *et al.*, 2003).

Precisamente esta circunstancia ha venido motivando la realización de diferentes investigaciones que buscan la implementación de pretratamientos que permitan mejorar la incorporación de los desechos orgánicos al suelo, a través de un proceso de degradación enzimático o químico previo, y que a la par permita el reaprovechamiento de algunos de los componentes de la planta como subproductos o materias primas para otros procesos (Emel *et al.*, 2003; Jain *et al.*, 2000; Fredon *et al.*, 2002). Este panorama sugiere entonces proponer o desarrollar estrategias que permitan subsanar el creciente problema ambiental que esta enorme cantidad de material vegetal genera, pero que se encuentre unido a la formulación de nuevas alternativas de subproductos derivados los residuos de estos cultivos, y que permitan mediante su aprovechamiento integral, generar beneficios que propugnen por el mejoramiento de la calidad de vida de las comunidades productores, mediante la diversificación sus ingresos.

De otro lado, en el entorno mundial existe una fuerte tendencia que busca desarrollar materiales de bajo peso, con un adecuado comportamiento mecánico, a un costo competitivo, que a su vez sean reciclables e incluso biodegradables. Diversas materias primas naturales como los desechos agroindustriales de cultivos de cereales (Xun *et al.*, 2005) o fibras naturales (Gañán *et al.*, 2004), se constituyen en una opción técnica y económica, que incluso puede reemplazar a los derivados del petróleo y otras fuentes no renovables. Países como China (Xun *et al.*, 2005) y Estados Unidos (Mohanty *et al.*, 2002) reconocen el enorme potencial que presentan las fuentes naturales en el desarrollo de materiales de alto desempeño, para múltiples tipos de aplicaciones que van desde el sector químico pasando por el farmacéutico hasta llegar al de la construcción y el automotriz.

En el presente trabajo se abordan algunas de las ideas que se han venido implementando hasta el momento en el desarrollo de materiales y nuevas aplicaciones a partir de los residuos de la agroindustria colombiana de *Musaceas* comestibles y que incluyen desde productos artesanales hasta materiales compuestos con potenciales aplicaciones en el desarrollo de autopartes o elementos estructurales o no estructurales en la construcción de viviendas.

## ALTERNATIVAS DESDE EL DESARROLLO DE NUEVOS MATERIALES

Todas las paredes vegetales se encuentran conformadas por tres elementos fundamentales que son: celulosa, lignina y hemicelulosa. Todos ellos elementos potencialmente empleados para el desarrollo de materiales, y aún más como en este caso, cuando proceden de residuos agroindustriales a los cuales se les desea incrementar su valor agregado. Su utilización se puede derivar bien sea cuando se encuentran en forma conjunta dentro de la pared celular como es el caso del aprovechamiento de la fuente vegetal completa sin un tratamiento previo o del uso de sus haces fibrosos, normalmente denominados fibras, o mediante el fraccionamiento a través de procesos químicos principalmente de la pared que permite aislar cada uno de los componentes de tal forma que mediante operaciones químicas posteriores sea posible obtener otros productos. Un ejemplo de este último caso lo constituye el desarrollo de nuevos polímeros e hidrogeles a partir de hemicelulosas. Ambas opciones implican la aplicación de procedimientos que involucran etapas tanto mecánicas, como químicas, térmicas o incluso enzimáticas.

En este caso, el aprovechamiento de los residuos fibrosos de los residuos de la agroindustria *Musaceas* comestibles se analiza desde la primera vía, sin la utilización de operaciones de fraccionamiento químico. Fuentes fibrosas como el raquis permiten disponer de estructuras basadas en celulosa con diferentes relaciones entre su diámetro y longitud que permiten incrementar el desempeño mecánico de los materiales compuestos desarrollados a partir de ellos (Gindl y Keckes, 2005). Pues como se aprecia en las micrografías de las figuras 1 y 2, el raquis por ejemplo presenta una importante cantidad de haces fibrosos o fibras (hf) que pueden ser aislados mediante procesos de extracción mecánica, enriado biológico o empleando técnicas manuales. Estos haces tienen un diámetro entre 100 y 300  $\mu\text{m}$ , con longitudes que se encuentran condicionadas por el proceso de



extracción empleado, pues las acciones mecánicas pueden causar reducciones en el haz. Cada uno de los haces fibrosos se encuentra conformado así mismo por fibras elementales o últimas con diámetros del orden de 10 a 20  $\mu\text{m}$  y grandes lúmenes.

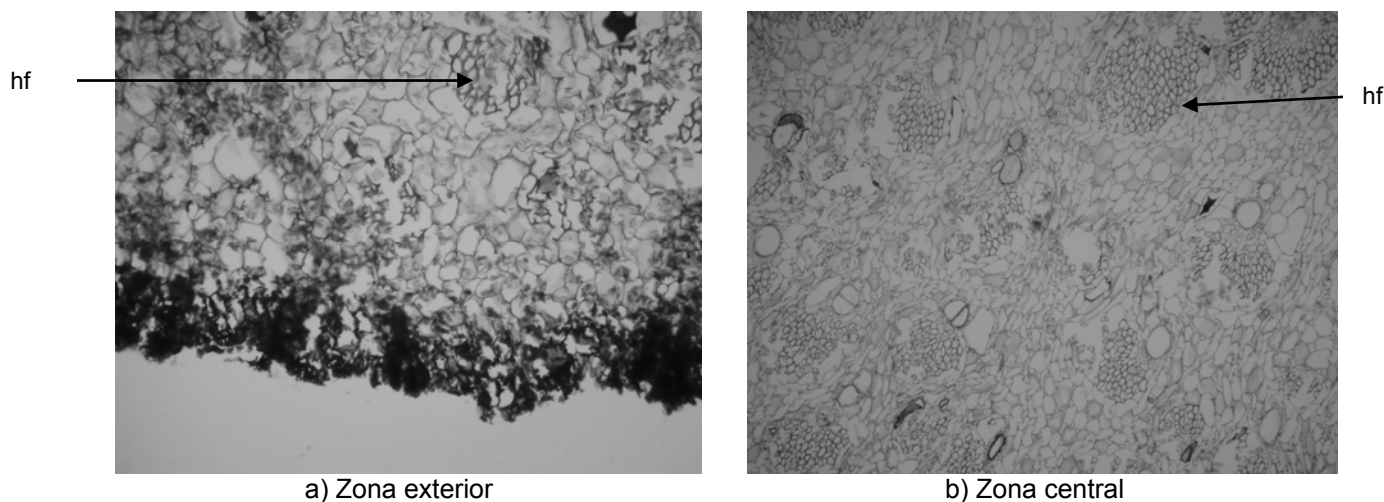


Figura 1. Microscopía óptica de corte transversal de sección media de raquis de variedad de *Musa Acuminata*. 100X

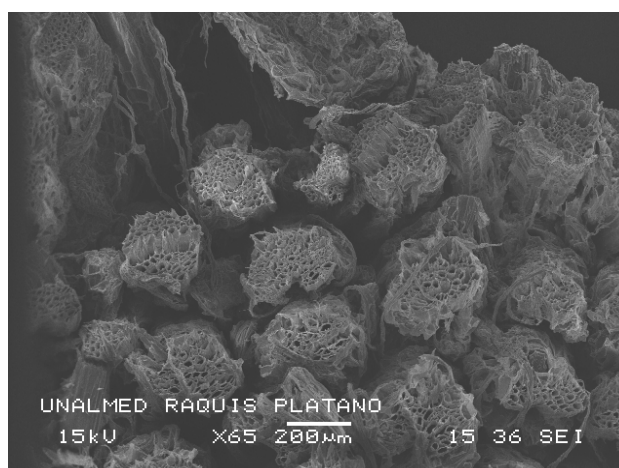


Figura 2. Microscopía electrónica de barrido de corte transversal de sección media de raquis de variedad de *Musa Acuminata*. 100X

Estos haces fibrosos, tienen un apropiado comportamiento mecánico que se deriva de una resistencia máxima a tracción entre 250 y 400 MPa con una elongación a rotura entre 2 y 3 %. Tienen densidades del orden de 0,9 g/cm<sup>3</sup>, tienen un apropiado comportamiento térmico, pues como se aprecia en la figura 3 presentan una temperatura inicial de decomposición del orden de 210 °C, cifra que permite que soporten las condiciones de procesado de un amplio rango de polímeros. De acuerdo con esto, los haces fibrosos pueden ser empleados como reforzantes de matrices plásticas sintéticas como el polipropileno o las resinas de poliéster insaturado o ureicas. Así mismo, su desempeño mecánico sumado a su baja densidad y a su buena solidez al color, permiten que tengan un buen desempeño en el desarrollo de diversos tipos de artesanías. Pero tanto el raquis como los haces fibrosos presentan porcentajes de celulosa entre el 50 y 60% respectivamente, permite en su utilización en el desarrollo de novedosos tablero o materiales compuestos sin presencia de polímero o material ligante sintético adicional. En este orden de ideas, al menos dos novedosos tipos de familias de materiales y diferentes tipos de aplicaciones se pueden ser desarrollados a partir de residuos fibrosos como el raquis, tal como se puede visualizar en la figura 4.

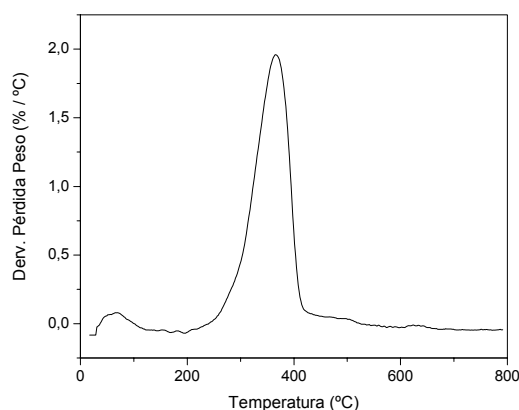


Figura 3. Análisis térmico de fibras aisladas de raquis de variedad de *Musa Acuminata*.

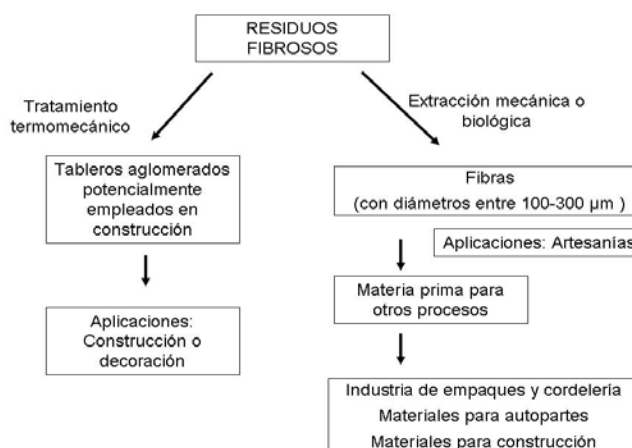


Figura 4. Diferentes alternativas de reutilización de residuos agroindustriales

Respecto al desarrollo de artesanía, en asocio con las comunidades plataneras representadas por el grupo humano que conforma Manos de Urabá apoyados por la Fundación Social Banacol CORBANACOL, se han venido elaborando múltiples de variados elementos tanto para aplicaciones decorativas como funcionales. En la figura 5 se aprecian algunos de estos desarrollados y que son parte de resultados de los proyectos desarrollos en la actualidad. Algunos de ellos cuentan con el apoyo de la Gobernación de Antioquia a través del Programa de Antioquia Emprendedora, el cual busca principalmente el fortalecimiento de la cadena productiva de la fibra natural a partir del seudotallo y la vena central de la hoja de la planta de plátano en el Uraba antioqueño y con el apoyo de Corpouraba Corporación Autónoma regional de Uravez, a través del Fondo de Compensación Ambiental del Ministerio de vivienda, ambiente y desarrollo territorial de Colombia, se viene adelantando el proyecto Fortalecimiento y desarrollo de productos (Artesanías y Fibra Natural o haces fibrosos) como componente de mercados verdes para mujeres de pequeños productores de plátano de la región de Urabá.



Figura 5. Elementos artesanales desarrollados a partir de haces fibrosos

Materiales compuestos a partir de poliolefinas como el polipropileno se han desarrollando con valores de densidad promedio de  $0,95 \text{ g/cm}^3$ , con resistencia a flexión del orden de 35 MPa y un módulo superior a 1700 MPa (Gutierrez *et al.*, 2004), estas características del material pueden ser empleadas en el desarrollo de autopartes internas de vehículos, como las carteras internas de las puertas, en donde este nivel de desempeño mecánico combinado con el bajo peso ofrecen ventajas en reducción en el peso del vehículo y en el consumo de combustible y por ende en la generación de gases a la atmósfera. En este sentido, actualmente se vienen realizando diversas investigaciones que permitan optimizar las condiciones de fabricación de estas piezas escala industrial mediante la técnica de extrusión. Un ejemplo de este proceso se aprecia en la figura 6.



a) Detalle de fabricación



b) Pieza que se espera desarrollar

Figura 6. Desarrollo de materiales compuestos orientados autopartes.

De otro lado, es posible mediante la aplicación de procesos termomecánicos como la explosión con vapor, también conocido como *steam explosio*, u otros tipos de procesos químicos o térmicos elaborar materiales compuestos o tableros aglomerados sin la presencia de ligantes o polímeros sintéticos adicionales, pues se busca aprovechar las interacciones existentes entre los diferentes componentes de las paredes, en especial de la celulosa y la lignina, en el desarrollo del material. Pese a la importancia de las hemicelulosas, generalmente éstas son removidas en un alto porcentaje, debido a su hidrólisis tal como ocurre en los procesos termomecánicos. Hasta ahora se han venido desarrollando tableros aglomerados a partir de raquis de especies como el Valery o el Gran Enano y tratamientos con vapor. Estos materiales se consideran de una sola capa y cuentan con una densidad del orden de  $1,2 \text{ g/cm}^3$ . En cuanto a su comportamiento mecánico, cuentan con una resistencia a flexión del orden de 24,14 MPa, con módulos de elasticidad del orden de 3063,13 MPa cifra que cumple con las especificaciones de normativas internacionales como la UNE-EN 312, haciendo posible su utilización en la elaboración de elementos estructurales o no estructurales orientados a la construcción de viviendas, pues este estándar internacional se caracteriza por su grado de exigencia.

## CONCLUSIONES

Los diferentes tipos de desarrollos en torno a materiales y aplicaciones que se han venido realizando hasta ahora indican que los residuos fibrosos de la agroindustria de Musaceas comestibles efectivamente ofrecen una sólida alternativa para como materia prima para diferentes sectores industriales con amplia demanda como ocurre con el automotriz o de la construcción principalmente. Estas nuevas propuestas abren el camino hacia una explotación más integral de las plantas de Musaceas a la par que contribuyen en la reducción del impacto ambiental de los residuos generando nuevas expectativas de comercialización para los productores.

## BIBLIOGRAFIA

1. Emmel, A., Mathias A.L., Wypych F. and Ramos, L. 2003. Fractionation *Eucalyptus grandis* chips by dilute acid-catalysed steam. *Bioresource Technology* 86: 105-115.
2. Fan, L.T., Gharpuray, M.M. and Lee Y.H. 1987. *Cellulose hydrolysis*. Springer-Verlag. Berlin, Alemania. 200 p.

3. Fredon, E., Granet, R., Zerrouki, R., Krausz, P., Saulnier, L., Thibault, J.F., Rosier, J. and Petit C., 2002. Hydrophobic films from maize bran hemicellulose. *Carbohydrates Polymers* 49:1-12.
4. Gañán, P. Cruz, J., Garbizu, J., Arbelaiz, A., and Mondragón, I. 2004. Stem and bunch banana fiber from cultivation wastes. Effect of treatments on physico-chemical behavior. *Journal of Applied Polymer Science* 94: 1489-1495.
5. Gutierrez, I., Cruz, J. and Gañá, P. Optimization of mechanical properties of natural fiber reinforced polypropylene employing Taguchi method. 2004. *Memorias IX Jornadas de Investigación CIDI/UPB, En Ingenierías, Ciencias Sociales y Ciencias de la Salud. Medellín-Colombia. Medellín.*
6. Gindl, W. and Keckes, J. 2005. All-cellulose nanocomposites. *Polymer* 43: 10221-10225.
7. Jain, R.K., Sjostedt, M. and Glasser W. 2000. Thermoplastic xylan derivatives with propylene oxide. *Cellulose*. 2000; 7:319-336.
8. Mohanty, A., Misra, M. and Drzal, L. T. 2002. Sustainable bio-composites from renewable resources: Opportunities and challenges in the green materials world. *Journal of Polymer and the Environment* 10: 19-26.
9. Nguyen, Q.A. and Saddler, J.N. 1991. An integrated model for the technical and economic evaluation of an enzymatic biomass conversion process. *Bioresource Technology* 35: 275-282.
10. Sun, X.F., Xu, F., Zhao, H., Sun, R.C. 2005. Physicochemical characterization of residual hemicelluloses isolated with cyanamide activated hydrogen peroxide from organosolv pre-treated wheat straw. *Bioresource Technology* 96: 1342-1349.

## PERFIL DAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DE DOCES DE BANANA DE CORTE COMERCIALIZADOS NO MERCADO BRASILEIRO

### PROFILE OF THE CHEMICAL CHARACTERISTICS OF BANANA MARMELADE IN THE BRAZILIAN MARKET

Rossana Catie Bueno de Godoy<sup>1</sup>; Edneide Luciana Santiago Matos<sup>2</sup>; Daniele Vasconcelos dos Santos<sup>2</sup> & Tatiane as Silva Amorim<sup>3</sup>

#### RESUMO

No Brasil o processamento de bananas na forma de doces tem grande importância econômica e social visto que a maioria das unidades agroindustriais são de pequeno porte. Há uma grande variedade de produtos desta natureza no mercado interno o que dificulta o estabelecimento de padrões de qualidade. Com o objetivo de conhecer as principais características destes produtos, realizou-se uma pesquisa sobre as características químicas de doze bananadas comerciais adquiridas em diferentes regiões do país. Os produtos apresentaram diferenças significativas em todos os componentes avaliados (pH, sólidos solúveis totais, acidez total titulável, vitamina C, açúcares redutores e açúcares totais). A vitamina C foi a variável que apresentou maior diversidade nos produtos avaliados sendo considerada na indústria de alimentos um parâmetro de qualidade. O estudo revelou a necessidade de regularização e padronização destes produtos.

Palavras-chave: agroindústria, processamento, concentração, padrões de identidade

#### SUMMARY

The marmelade market in Brazil is considered an important segment of the banana production sector, once most agroindustrial units are of small capacity. There is a great variety of products of this nature in the internal market which makes it difficult for the establishment of quality standards. With the objective of evaluating the main characteristics of these products, research regarding the chemical characteristics of eleven commercial marmelades from different regions of the Country was carried out. The products presented significant differences in all the components evaluated (pH, total soluble solids, total titratable acidity, vitamin C, reducing sugars and total sugars). Vitamin C was the variable that presented greatest diversity in the products evaluated, being considered an important quality parameter in the food industry. The study demonstrated the need for the regulation and standardization of these products.

Keywords: agroindustry, processing, concentration, identity patterns

#### INTRODUÇÃO

A banana é a segunda fruta mais produzida no mundo, ocupando uma área total de 4,2 milhões de hectares em 124 países com uma produção de 69 milhões de toneladas. Os principais países produtores são a Índia, o Brasil, o Equador, a China e as Filipinas, representando 58% da produção mundial de banana (FAO, 2002).

Por ser um fruto climatérico, a banana amadurece rapidamente, ocasionando elevadas perdas pós-colheita, chegando a atingir 40% do volume total produzido. Apesar de ser considerada uma das frutas de maior expressão na indústria alimentícia, estima-se que menos de 2% do volume produzido no Brasil seja industrializado (Souza e Torres Filho, 1997). Desta forma, a industrialização é imprescindível para viabilizar a cadeia produtiva desta fruta.

A produção de doces é um dos segmentos mais importantes da agroindústria de banana no Brasil, abrangendo produtos como balas, doces de corte, doces cremosos e mariolas (Almeida e Godoy, 2004).

A maior parte das unidades que processam estes produtos são estruturas artesanais e por isto empregam grande contingente de mão-de-obra. A dificuldade em se obter produtos com padrão de

<sup>1</sup> Pesquisadora – Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical. Rua Embrapa s/n – caixa postal 007 – Cruz das Almas-BA, 44.380-000, Brasil. E-mail: catie@cnpmf.embrapa.br

<sup>2</sup> Estudantes de Agronomia – UFBA – Cruz das Almas-BA.

<sup>3</sup> Assistente – Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical.



qualidade, faz com que algumas agroindústrias desistam de prosseguir na atividade. Ou quando não, utilizam de maneira indiscriminada polpas de outras frutas ou aditivos coadjuvantes na tecnologia de produção, não autorizados pela vigilância sanitária, descaracterizando o padrão de identidade e qualidade do produto final (ANVISA, 2005).

Um dos maiores entraves do setor é a dificuldade de obtenção de doces com um padrão de qualidade, o que pode estar associado à tecnologia empregada na fabricação desses produtos.

O processo de elaboração de bananadas consiste na concentração da polpa de banana, previamente acidificada, com açúcar e pectina até que se tenha no mínimo 73°Brix de concentração (Almeida, Schmidt e Gasparino Filho, 1999).

Durante a elaboração do produto, o controle da etapa de concentração é fundamental pois é quando ocorre a geleificação, estrutura que irá garantir a conformação física (textura, corte, adesividade) do produto comercial. A constituição do gel é promovida pela pectina na presença de ácidos e açúcares (Jackix, 1988).

O objetivo deste estudo foi avaliar algumas propriedades químicas de doze bananadas comerciais adquiridas no mercado brasileiro, como subsídio para definir um padrão de qualidade para este tipo de produto.

## MATERIAL E MÉTODOS

As bananadas comerciais foram adquiridas no segmento varejista de São Paulo, Salvador e Fortaleza. Os produtos estavam embalados em recipientes metálicos e de polipropileno com peso líquido variando de 300 a 600g.

O teor de sólidos solúveis totais (SST) foi obtido por leitura em refratômetro, Método 932.14C (A.O.A.C., 1990). O pH foi feito por leitura direta em potenciômetro. A acidez total titulável (ATT) determinada por titulometria com NaOH 0,1N segundo o método nº 942.15 (A.O.A.C., 1990). O ácido ascórbico (AA) foi definido pelo método de Tillmans por titulometria com 2,6 Diclorofenol indolfenol (Lees, 1975). Os açúcares redutores e totais por titulometria com licor de Fehling, método descrito por Lanara (1981).

O experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado com 5 repetições. Os dados foram submetidos à análise de variância e a comparação entre as médias realizada pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ) segundo Pimentel Gomes (2000).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os produtos avaliados diferiram significativamente em todos os componentes químicos avaliados (Tabela 1).

Para pH a média foi de 4,25, sendo que a maioria dos produtos situou-se entre 4,26 a 4,39 (Tabela 1, Figura 1). Embora a maior parte dos produtos analisados continham ácido cítrico, declarado no rótulo, supõe-se que as quantidades dos acidulantes empregados não foram suficientes para reduzir o pH do meio para 2,8, onde a geleificação tem sua melhor expressão (Siguemoto, 1993). A marca VIII foi a que apresentou maior valor de pH dentre todas as bananadas analisadas.

Tabela 1 – Características químicas de bananadas comercializadas no mercado brasileiro

| Marca | pH     | SST<br>° Brix | ATT<br>% ácido<br>cítrico | Vitamina C<br>%<br>Ácido<br>ascórbico | Açúcares<br>reduzidos<br>% glicose | Açúcares<br>totais<br>% glicose |
|-------|--------|---------------|---------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|
| I     | 3,86 d | 73,40 e       | 0,71 f                    | 4,20 bc                               | 44,51 bc                           | 52,76 a                         |
| II    | 4,30 b | 76,40<br>bc   | 0,84 d                    | 4,90 b                                | 35,26 de                           | 55,99 a                         |
| III   | 4,02 c | 71,00<br>fg   | 1,20 a                    | 2,70 d                                | 39,04 cd                           | 54,27 a                         |
| IV    | 4,26 b | 74,60 d       | 0,92 c                    | 3,59 bcd                              | 35,91 de                           | 43,11 c                         |
| V     | 3,91 d | 82,66 a       | 0,99 b                    | 1,09 ef                               | 36,12 de                           | 57,03 a                         |
| VI    | 4,30 b | 75,20 d       | 0,77 e                    | 2,49 d                                | 40,15 cd                           | 46,25 bc                        |
| VII   | 4,26 b | 75,26<br>cd   | 0,79 de                   | 2,24 de                               | 48,89 ab                           | 52,52 ab                        |
| VIII  | 5,02 a | 70,25 g       | 0,44 h                    | 7,92 a                                | 52,82 a                            | 59,11 a                         |
| IX    | 4,02 c | 76,73 b       | 0,80 de                   | 0,84 f                                | 46,30 abc                          | 54,55 a                         |
| X     | 4,32 b | 75,33<br>cd   | 0,40 h                    | 2,38 de                               | 26,55 f                            | 43,85 c                         |
| XI    | 4,30 b | 71,73 f       | 0,50 g                    | 3,42 cd                               | 35,01 de                           | 45,32 c                         |
| XII   | 4,39 b | 75,20 d       | 0,41 h                    | 2,31 de                               | 31,43 ef                           | 41,01 c                         |
| Média | 4,25** | 74,81**       | 0,73**                    | 3,17**                                | 39,33**                            | 50,48**                         |
| CV    | 1,61   | 0,53          | 2,34                      | 14,82                                 | 6,36                               | 4,67                            |

Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey (p<0,05)

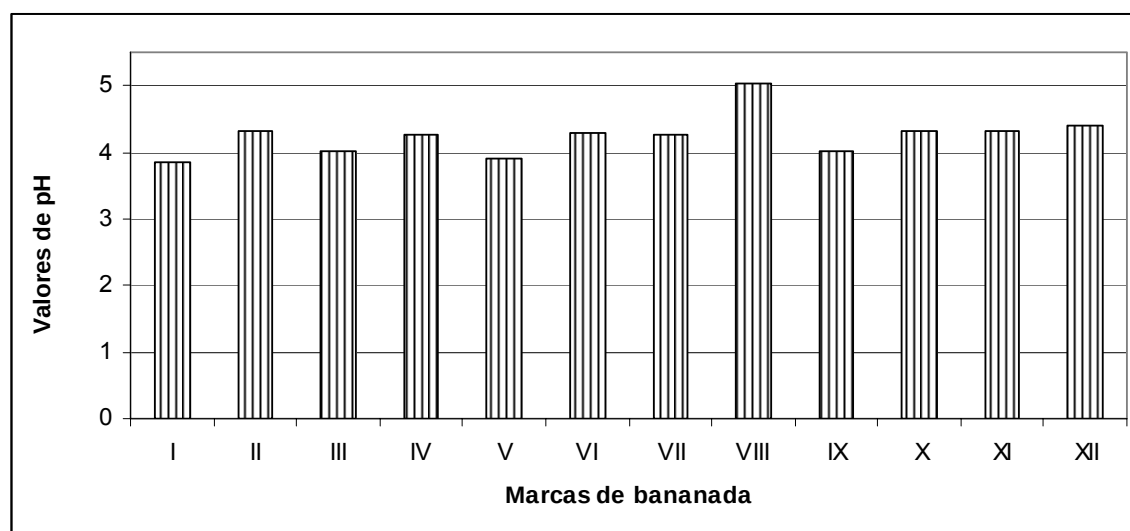


Figura 1 – Valores de pH de diferentes marcas de bananada

O teor de sólidos solúveis totais dos produtos comerciais, um dos principais parâmetros, foi bastante variável indo de 71,00 a 82,66 °Brix sendo que a maior parte das bananadas tiveram SST entre 74,60 a 75,33 °Brix (Tabela 1, Figura 2). Três produtos (III, VIII e XI) tiveram sua concentração abaixo de

73° Brix, mínimo recomendado por Almeida, Schmidt e Gasparino Filho (1999) para produtos desta natureza.

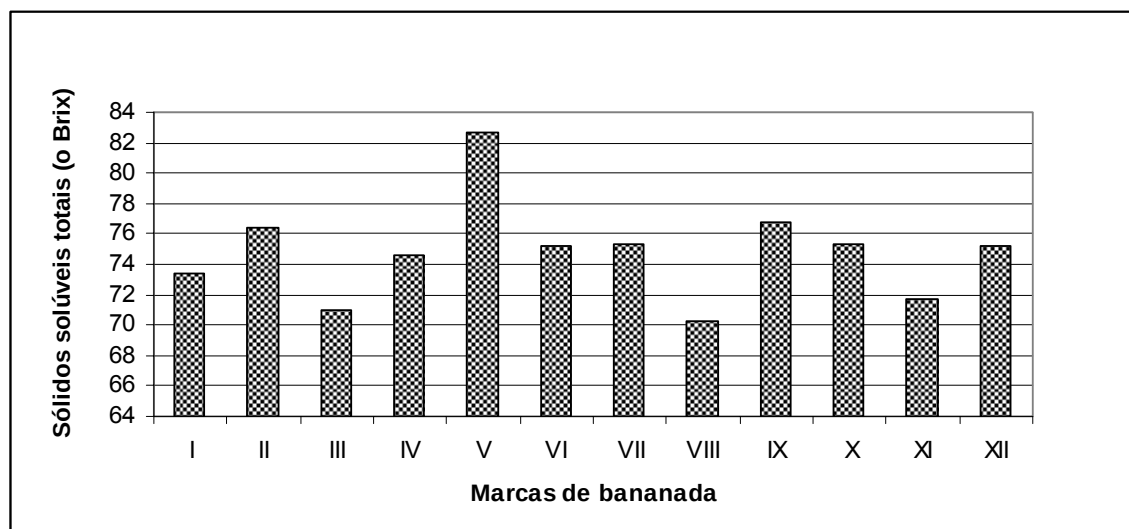


Figura 2 – Teores de sólidos solúveis totais em diferentes marcas de bananada

A acidez total titulável variou de 0,40 a 1,20 % de ácido cítrico sendo que a média foi de 0,733% (Tabela 1, Figura 3). Os produtos menos ácidos foram os da marca X, XII e VIII em ordem decrescente.

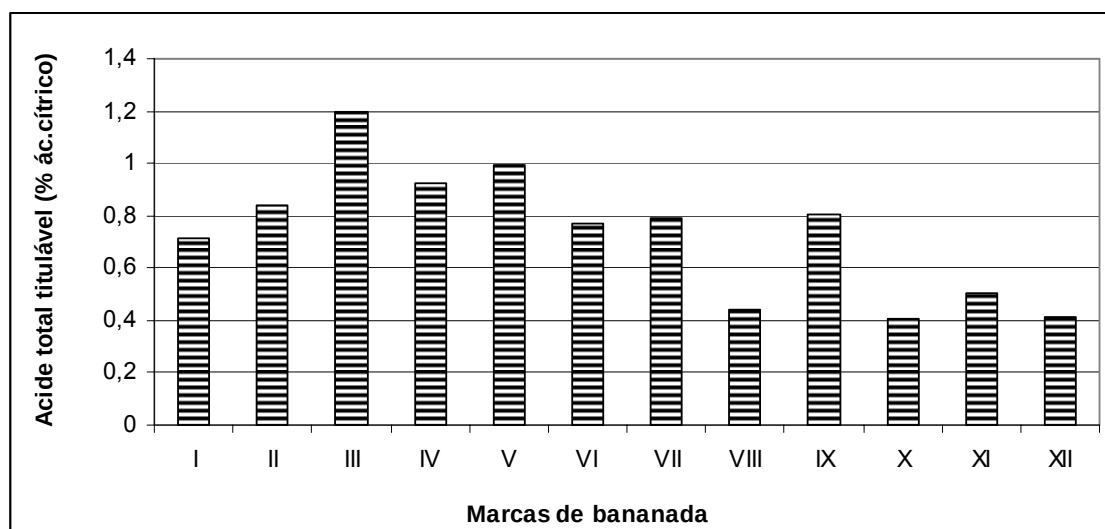


Figura 3 – Acidez total titulável de diferentes marcas de bananada

A vitamina C foi o parâmetro que apresentou maior variabilidade entre as marcas analisadas, com valores que foram de 0,84 até 7,92 mg de AA/100g (Tabela 1, Figura 4). Durante a concentração muitas vitaminas são perdidas o que depende diretamente do tipo e da eficiência do processo de concentração empregado.

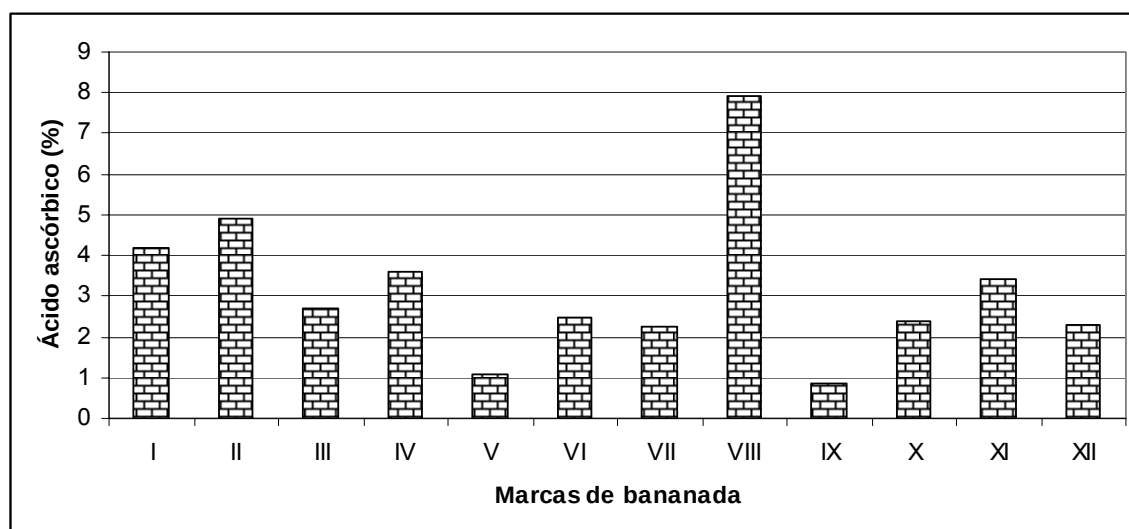


Figura 4 – Valores de ácido ascórbico (vitamina C) de diferentes marcas de bananada

Para os açúcares a variação foi significativa tanto para os redutores quanto para os açúcares totais. Em torno de 78% dos açúcares totais presentes nas bananadas avaliadas são açúcares redutores (Tabela 1). Algumas amostras apresentaram teores de açúcares redutores variando de 26,55 % de glicose (marca X) a 52,83% (marca VIII). A média de açúcares redutores foi de 39,33% (Tabela 1, Figura 5).

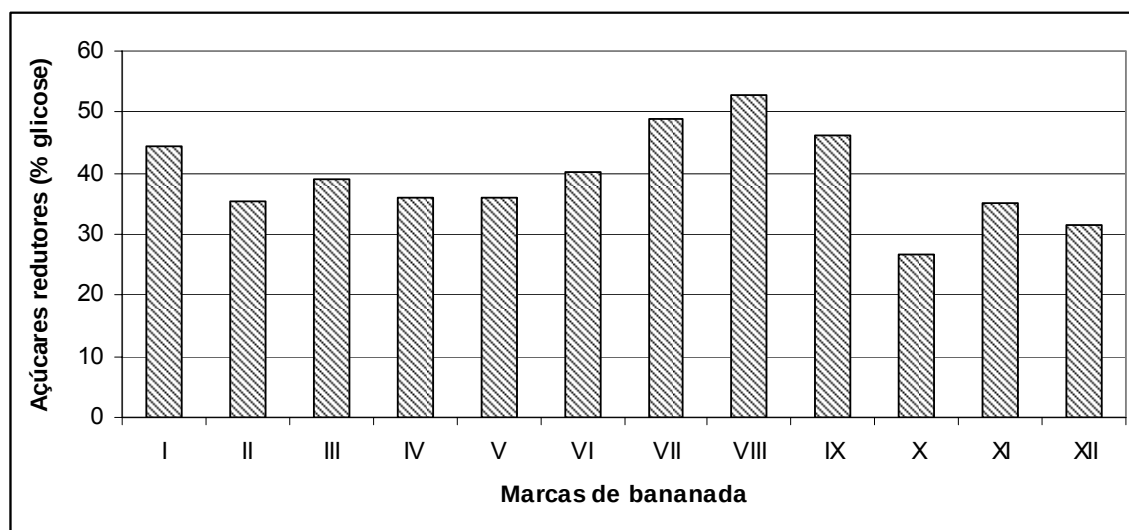


Figura 5 – Teores de açúcares redutores totais de diferentes marcas de bananada

A média de açúcares totais dos produtos foi de 50,48% de glicose (Tabela 1, Figura 6), o que se deve ao fato de que na formulação destes produtos a quantidade mínima comumente utilizada é de 40% de açúcar e o restante complementado com polpa de fruta. A faixa de açúcares totais variou de 41,01 (marca XII) a 59,11% (marca VII).

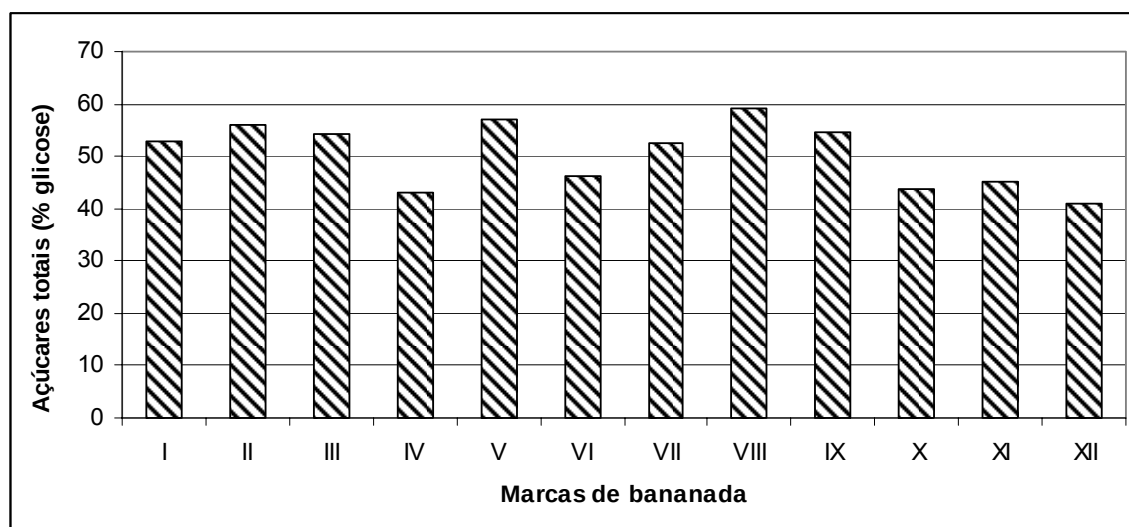


Figura 6 – Valores de açúcares totais de diferentes marcas de bananada

## CONCLUSÃO

As bananadas comerciais oferecidas no mercado brasileiro apresentam grande variabilidade quanto à composição química. Os resultados obtidos poderão subsidiar discussões ou definições de padrões de identidade para estes produtos.

## BIBLIOGRAFIA

1. ALMEIDA, C.O.; GODOY, R.C.B. Estado actual de la agroindustria de banano y plátano en Brasil. V Reunion Red de Investigación y Desarrollo de Plátano y Banano para America Latina y el Caribe (MUSALAC). HEREDIA-COSTA RICA, 2004. CD-ROM.
2. ALMEIDA, M.E.M.; SCHMIDT, F.L.; GASPARINO FILHO, J. Processamento de compotas, doces em pasta e geléias: fundamentos básicos. Campinas: ITAL, anv1999. 61p. (Manual Técnico n.16).
3. ANVISA [www.anvisa.gov.br/visalegis](http://www.anvisa.gov.br/visalegis) Acesso em 20 de jun.2005.
4. A.O.A.C. Official methods of analysis. 15. ed. Arlington: Association of Official Analytical Chemists, 1990. p.912, 1010, 1011.
5. FAO. Food and Agricultural Organization. Disponível em site<<http://apps.fao.org/page/collections>>. 2002. Acesso em: 10 dez. 2002.
6. LANARA. Métodos analíticos para controle de produtos de origem animal e ingredientes – II – Métodos Físicos e Químicos, 1981. [s.l.:s.n.]
7. LEES, R. Food analysis and quality control methods for the food manufacturer and buyer. London: Leonard Hil Books, 1975.
8. PIMENTEL GOMES, F. Curso de estatística experimental. 14. ed., Piracicaba: Nobel, 2000. 477 p.
9. SIGUEMOTO, A.T. Propriedades da pectina. In: SIMPÓSIO SOBRE HIDROCOLÓIDES. Campinas, 1991. Anais...Campinas: ITAL, 1993. 109p.
10. SOUZA, J.S.; TORRES FILHO, P. Mercado. In: ALVES, E.J.: A cultura da banana: aspectos técnicos, sócio-econômicos e agroindustriais. Brasília: EMBRAPA-SPI; Cruz das Almas, BA; EMBRAPA-CNPMPF, 1997. p.525-542.



## PROCESO DE ELABORACIÓN DE BOCADILLOS DE BANANO

### PROCESSING OF BANANA PASTE

Rafael García<sup>1</sup> & Armando Lacera Rúa<sup>2</sup>

#### RESÚMEN

La fruta del banano es muy apetecido por su sabor, aroma, color y textura. Sin embargo, es muy susceptible a disminuir su calidad y presentar pérdidas significativas en post-cosecha. Por falta de tecnologías apropiadas, se desaprovecha su utilización en la elaboración de productos procesados de alto valor agregado. Tomando en consideración este problema, se propuso aprovechar banano de la Zona Bananera de Santa Marta del Departamento del Magdalena (Colombia), en productos elaborados. Específicamente, desarrollar tecnología para la elaboración de bocadillos de banano. Las frutas fueron recolectadas y llevadas a la Planta Piloto de Taganga, de la Universidad del Magdalena para realizar las pruebas experimentales. Los resultados obtenidos presentan una nueva tecnología de proceso para la obtención de bocadillo; consolidación del grupo de investigación en Frutas de la Universidad del Magdalena; elaboración de un video sobre la tecnología y las posibilidades de participación en eventos de carácter nacional e internacional con el objeto de dar a conocer los resultados y avances de esta temática de la Región Caribe Colombiana.

Palabras Clave: Banano, Bocadillo, Proceso Tecnológico

#### SUMMARY

Banana fruit is very desirable for flavor, odor, color and texture. But is very susceptible to present loss in the stages after harvest and do not exist process technology, it use is not better for the elaboration of banana products. Take in consideration this problem, the main goal is the advantage of the banana of plantation of the Magdalena Department (Colombia) with the finality of to present new products for the exportation. The specific goal is to unroll technology for the processing of banana paste. For this, harvest them the fruits of the banana plantation of Santa Marta and transfer them at Fruits Pilot Plant Center of the Magdalena University, where doing the experimental test. The obtain result present: unrolling of new products an technology in your process, consolidation of the group of Investigation in Fruits of the Magdalena University. Elaboration of a Video of technologies of processing and participation in Seminary and laboratory National and International with the object of to do Know the results and advance of the Colombian Caribbean.

Keyword: technological process, banana, byproducts

#### INTRODUCCIÓN

El banano es una fruta, muy apetecida que se produce en zonas de humedad y temperaturas altas, como las zonas tropicales. Es, por lo tanto, la fruta tropical más consumida nivel mundial y es uno de los principales productos de comercio en el mundo junto con el café, caucho, cacao y azúcar. En Colombia se exporta el Banano variedad *Cavendish valeri*, generando importantes divisas para el país y conservando un lugar predominante en la economía de las regiones que lo producen.

Las dos regiones más importantes del país que producen banano para la exportación, son: Urabá Antioqueño y la región norte del departamento del Magdalena. En esta región, para el año 2004, el área total de hectáreas sembradas de banano fue igual a 11.800 has, con un rendimiento por hectárea cultivada de 2.009.01 cajas/ has, representando el 30% de la producción en Colombia (Mincomercio, Industria y Turismo-Cluster de Banano, 2006).

Aunque, el cultivo del banano se encuentra altamente desarrollado en la Región Caribe Colombiana, en los dos últimos años ha perdido competitividad por las siguientes causas: 1. Aumento en los abastecimientos de los países desarrollados por las ofertas de los países competidores. 2. Problemas fitosanitarios (Sigatokas y Moko) en las plantaciones. 3. El "excedente bananero" generado, que

<sup>1</sup> Universidad del Magdalena-Santa Marta (Magdalena)-Colombia INTROPIC-Claustro de San Juan Nepomuceno. Carrera 2 N° 16-44. Santa Marta D.T.C.H. E-mail: rafael.garcia@unimagdalena.edu.co

<sup>2</sup> Universidad del Magdalena-Santa Marta (Magdalena)-Colombia INTROPIC-Claustro de San Juan Nepomuceno. Carrera 2 N° 16-44. Santa Marta D.T.C.H. E-mail: intropic@unimagdalena.edu.co

incluye: El banano perdido en la cosecha y post-cosecha, que al descomponerse se convierte en un problema de contaminación y; Segundo, el "banano de rechazo", es decir, frutas que no reúnen las condiciones del mercado internacional, especialmente por defectos externos, como: ralladuras, manchas, tamaño y peso no ideales o maduración no esperada.

Estos productos se han constituido en un problema para los productores y comercializadores desde el punto de vista económico. Además, por falta de tecnologías apropiadas de procesos, se desaprovecha su utilización en la elaboración de alimentos de alto valor agregado.

La posibilidad de procesar banano, constituye una alternativa importante para posicionarse y ampliar el mercado ya que la susceptibilidad al daño es menor y, por ende, su vida útil se incrementa y las condiciones para su manejo son menos exigentes.

No hay que olvidar que los índices de comercialización de los productos frutícolas transformados a nivel mundial han venido creciendo y la agroindustria de primera transformación para las frutas, desempeña un papel esencial en el desarrollo económico de los países andinos.

Estas nuevas alternativas podrían ser muy llamativas para la creación o consolidación de empresas de la región, con nuevas expectativas de exportación de estos productos a los Estados Unidos fundamentalmente en el Tratado de Libre Comercio (TLC) y otros países en ciernes de nuevas negociaciones comerciales

### **MERMELADAS Y BOCADILLOS.**

La mermelada es un producto pastoso obtenido por la cocción de una o más frutas a las cuales se les adiciona edulcorantes y sustancias gelificantes y acidulantes hasta obtener una consistencia característica y generalmente son envasadas en envases de vidrio y esterilizadas para su conservación (Camacho, 1986).

En el mercado de los productos procesados de frutas, existen mermeladas de la mayoría de las frutas producidas en Colombia, pero poco usual encontrar mermeladas de banano (Mincomercio, Industria y Turismo-Perfil del Cluster de Banano, 2006).

El Bocado es una mezcla de puré y azúcar que se concentra por cocción hasta que al enfriarse se vuelve sólida y fácil de cortar, sin deformarse. Adicionalmente se agrega pectina cítrica para darle la textura apropiada de pasta y ácido cítrico para ajustar el pH, necesario para la gelificación.

La estabilidad del bocado o pasta de fruta se debe fundamentalmente al pH ácido del producto, al proceso de calentamiento y a la concentración de sólidos que debe poseer como producto terminado (75° Brix) (Camacho, 1986).

En Colombia y otras partes del mundo, se elaboran y comercializan principalmente bocadillos o pastas de guayaba, aunque se han elaborado mermeladas y bocadillos de otras frutas como el mango y frutas amazónicas bastante exóticas como el arazá y la cocona (Hernández y Barrera, 2000; Gallo y Rincón, 2004).

En ese contexto, en la presente investigación se propuso como objetivo general: Evaluar la posibilidad del aprovechamiento del banano de la zona bananera del departamento del Magdalena (Colombia), con la finalidad de mejorar los procesos productivos y presentar alternativas de nuevos productos a partir del banano.

Como objetivo específico: desarrollar tecnología para el aprovechamiento del banano de "rechazo" en productos como bocadillos, los cuales son productos procesados de alta calidad.

De otra parte, los resultados obtenidos traen beneficios para los productores, comercializadores e industriales del departamento del Magdalena, la región Caribe y el país en general.

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

La materia prima que fue utilizada es banano de la variedad *Canvendish* de la zona bananera de Santa Marta, considerado de "rechazo" para la exportación y madurados en la empresa maduradora de banano INVERFRUT LTDA, situada en el Rodadero (Santa Marta).

Las cajas de banano (en sus diferentes grados de maduración), fueron trasladadas al Centro Planta Piloto Pesquera de Taganga (C.P.P.T), de la Universidad del Magdalena para realizar el estudio sobre los diferentes procesos de obtención de productos.

### **PROCESO DE ELABORACIÓN DE BOCADILLO DE BANANO**

Para una **formulación** de 50% de Puré de Banano y 50% de Azúcar: Pectina no mayor al 1% y de Ácido cítrico: El necesario para llevar el pH final del producto a un rango entre 3.6 y 3.8.

1. **OBTENCIÓN DEL PURÉ** •Selección y pesaje•Pelado del banano•Licuado de la pulpa y obtención del puré.

2. **CONCENTRACIÓN**•Calentamiento del puré de banano con el 10% del azúcar formulada• Adición del resto de azúcar y calentamiento con agitación y evaporación.

•Preparación y adición de la pectina (no mayor del 1%), a la masa del puré.

•Calentamiento con agitación y evaporación

•Adición del ácido cítrico (cantidad suficiente para acidular a 3.6), y calentamiento con evaporación hasta (75° Brix del producto final).

3. **MOLDEADO, ENFRIAMIENTO Y GELIFICACIÓN** (18 a 24 horas).

4. **ALMACENAMIENTO Y CONTROL DE CALIDAD DEL PRODUCTO TERMINADO**

## **MÉTODOS**

### **1. ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS**

Las muestras de bocadillos fueron tomadas al azar del lote de producción y llevadas al LABORATORIO MICROBIOLÓGICO BARRANQUILLA LTDA, para los análisis de Proteína, Grasas, Carbohidratos, Fibra, Calorías, Calcio, Hierro, Potasio y Vitamina C.

Los métodos utilizados para los análisis físicoquímicos del bocadillo de banano, fueron los siguientes:

Proteínas; método de Kjeldahl

Humedad; Secado a 105°C-AOAC 925.10

Grasas; Extracción Soxhlet

Carbohidratos; Cálculo Matemático

Fibra; Digestión Gravimetría

Calorías; Cálculo matemático

Calcio; Absorción Atómica

Hierro; Absorción Atómica

Potasio; Absorción Atómica

Vitamina C; HPLC.

Determinación de pH del puré y bocadillo de banano: (A.O.A.C., 1995).

Determinación de sólidos solubles (Grados ° Brix): (A.O.A.C., 1995).

### **2. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS**

Las muestras de bocadillos fueron tomadas al azar del lote de producción y llevadas al LABORATORIO MICROBIOLÓGICO BARRANQUILLA LTDA, para los análisis de:

Recuento de Mesoaerobios ufc /g, con la técnica de Recuento en Placa.

NMP de Coliformes Totales /g, determinado mediante la técnica de fermentación en tubos múltiples.

NMP de Coliformes fecales /g, determinado mediante la técnica de fermentación en tubos múltiples.

Recuento de Mohos y Levaduras ufc /g, y Recuento de Esporas Clostridium Sulfito Reductora ufc /g, utilizando la técnica de Recuento en Placa.

(A.O.A.C., 1995; Normas ICONTEC., 1990 y 1997)

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS**

Las principales características organolépticas del bocadillo de banano fueron:Textura: Firme y suave fácil al corte; Color: Ambarino quemado; Olor: A fruta de banano fresco y Sabor: Sui géneris a banano dulce. Con el método de elaboración empleado, se obtuvo un producto con textura similar al bocadillo de guayaba (Restrepo, 1997) y de otras frutas exóticas (Hernández y Barrera, 2004).



Fotografía 1. Bocadillo de banano

## COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL PRODUCTO

El puré de banano (grado 5 de maduración), utilizado como materia prima para la obtención de bocadillo presentó un pH inicial de 4.76 y un contenido de sólidos totales de 18°Brix. En tanto que, el puré de banano (grado 6 de maduración) presentó un pH de 4.78 y 21 °Brix.

Dadas estas condiciones de la materia prima, fue necesario adicionar ácido cítrico durante el proceso, hasta llevar el pH a 3.6, que según (Camacho, 2004) es el óptimo para lograr una buena gelificación, tal como se comprobó con la buena textura del bocadillo obtenido.

Por calentamiento y concentración de la mezcla del puré de banano y demás ingredientes en la marmita, se obtuvo un contenido de sólidos totales de 74°Brix, en el producto terminado.

En el Cuadro 1, se presentan los resultados del análisis químico del bocadillo

Cuadro 1. Resultados de los análisis químicos del bocadillo de banano

| ANÁLISIS              | MUESTRA | METODOLOGÍA                    |
|-----------------------|---------|--------------------------------|
| Proteína, %           | 0.87    | Kjeldahl                       |
| Humedad, %            | 36.18   | Secado a 105 ° C (AOAC 925.10) |
| Grasas, %             | 0.15    | Extracción Soxhlet             |
| Carbohidratos, %      | 62.34   | Cálculo matemático             |
| Fibra, %              | 0.15    | Digestión Gravimetría          |
| Calorías, kcal /100g  | 254.19  | Cálculo matemático             |
| Calcio, mg /100g      | 9.12    | Absorción atómica              |
| Hierro, mg /100g      | 0.41    | Absorción atómica              |
| Potasio, mg /100g     | 152.17  | Absorción atómica              |
| Vitamina C, mg / 100g | 54.94   | HPLC                           |

El contenido de humedad (36.18%) del bocadillo de banano es levemente mayor que otros productos similares tales como el de maracuyá (26.06%) (Gallo y Rincón, 2004). Este contenido de humedad podría disminuirse aumentando el tiempo de proceso de calentamiento por evaporación, pero afectaría el color del producto haciéndolo más oscuro.

El porcentaje de proteína (0.87%) del bocadillo de banano es más alto que el de guayaba (0.3%), pero levemente más bajo que el de maracuyá (1.0%) (Gallo y Rincón, 2004). Este aporte, no es significativo desde el punto de vista nutricional.

Es importante señalar el alto contenido de potasio (152.17 mg/100 g) y de vitamina C (54.94mg/100g), que puede aportar en la dieta el bocadillo de banano, además de su aporte calórico (254.19Kcal/100g).

## ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS DEL BOCADILLO

En relación a la calidad microbiológica del producto, los resultados de los análisis microbiológicos (cuadro 2), indican, que el bocadillo cumple con los requerimientos sanitarios para este tipo de productos, exigidos por las Normas del Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos (INVIMA), entidad reguladora en Colombia.

Cuadro 2. Resultados de los análisis microbiológicos del bocadillo de banano

| ANÁLISIS                                                 | MUESTRA | VALORES DE ORIENTACIÓN-INVIMA | METODOLOGÍA                                |
|----------------------------------------------------------|---------|-------------------------------|--------------------------------------------|
| Recuento de Mesoaerobios ufc /g                          | < 10    | 10000                         | Recuento en Placa                          |
| NMP de Coliformes Totales /g                             | < 3     | < 3                           | Técnica de Fermentación en tubos múltiples |
| NMP de Coliformes Fecales /g                             | < 3     | < 3                           | Técnica de Fermentación en tubos múltiples |
| Recuento de Mohos y Levaduras ufc /g                     | < 10    | 2000                          | Recuento en placa                          |
| Recuento de Esporas Clostridium sulfito Reductora ufc /g | < 10    | < 10                          | Recuento en placa                          |

## CONCLUSIONES

1. Con los resultados obtenidos de la experimentación realizada, se establece un paquete tecnológico de proceso apropiado para la elaboración de bocadillos de banano.
2. El bocadillo elaborado con puré de banano en grados de maduración 5 (amarillo verdoso con puntas negras) y grado 6 (amarillo con pocas pecas y puntas negras), necesita como ingredientes el azúcar, un agente acidulante (rangos de pH entre 3.6 a 3.8) y adición de un gelificante (pectina cítrica), para darle al producto las condiciones óptimas de una pasta.
3. El rango de maduración del banano más apropiado para la elaboración de este producto es grado 4 a 6 (Evaluaciones organolépticas personales).
4. Los productos elaborados cumplen con las normas de salubridad y calidad de alimentos para consumo, regulados por los organismos especializados como el INVIMA en Colombia
5. El bocadillo elaborado, se conserva en buenas condiciones para su consumo, durante dos meses a temperatura ambiente de la región (30°C), y durante seis meses en almacenamiento refrigerado (Evaluaciones organolépticas personales).

## AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Carlos Eduardo Caicedo Omar, Rector de la Universidad del Magdalena y al Dr. Ricardo Aguilera Carrillo, gerente de la Fundación para el Desarrollo de la Zona Bananera (FUNDEBAN), por su apoyo incondicional a la realización de este proyecto de investigación.

## BIBLIOGRAFÍA

1. A.O.A.C. 1995. Methods Of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. USA.
2. Camacho, O. G., 1986. Elaboración de mermeladas, En: Memorias del curso obtención y conservación de pulpas de frutas. Instituto Colombiano de Ciencia y Tecnología.-ICTA, Bogotá.
3. Gallo, L. A. P. y Rincón, G. J., 2004. Caracterización y estandarización del proceso de producción de bocadillo y mesocarpio de maracuyá (*Passiflora edulis vr flavicarpa*) en almíbar. Tesis Pregrado. Ingeniería Agronómica. Universidad Nacional de Colombia Palmira -Valle.
4. Hernández, G. M. y Barrera, G. J. (2004). Aspectos biológicos de conservación de frutas promisorias de la Amazonía Colombiana. Instituto SINCHI- U. de la Amazonía. Bogotá –Colombia. 100 p.
5. ICONTEC-Norma Técnica Colombiana-NTC 3207.(1997). Análisis Microbiológicos de Jaleas y mermeladas de frutas. Bogotá -Colombia.
6. ICONTEC, 1990. Normas Técnicas para la elaboración de mermeladas néctares y yogur. Instituto Colombiano de Normas Técnicas- Bogotá-Colombia.
7. Ministerio de Comercio, Industria y Turismo. 2006. Perfil del Cluster de Banano. Bogotá Colombia.



## THE HISTORY AND CHARACTERISTICS OF THE 'ENXERTO' BANANA

### HISTORIA E CARACTERÍSTICAS DA BANANA 'ENXERTO'

Luiz Alberto Lichtemberg<sup>1</sup> & Raul S. Moreira<sup>2</sup>

#### RESUMO

Neste trabalho é apresentada a história da banana 'Enxerto', ou seja, o seu surgimento no Sul do Estado de Santa Catarina, por volta de 1.900, o seu plantio no Brasil e no mundo, as suas características e a sua importância na bananicultura e no fitomelhoramento.

Keywords: Prata Anã, Lady's Finger, Ice Cream

#### INTRODUCTION

At the end of the XIX century there was already a commercial banana plantation in the State of Santa Catarina. From that time until the 1960s the plantation was based on the 'Branca' cultivar, AAB, of the 'Pome' sub-group, with white pulp and a very pleasant flavor. Since the discovery of Brazil, reference to this sub-group has existed (5). In Santa Catarina, as well as in the other States, banana plantations were set up in small areas, being aimed at domestic consumption and some supplies to cities. Currently, there are only about 1.500 commercial hectares of this cultivar in the State, however, these bananas are commonly present in Santa Catarina's backyards (2).

The 'Branca' banana, also known as 'Branca of Santa Catarina' is tall, usually between 3.00 and 5.60m tall, being very susceptible to damages caused by winds. For this reason, the commercial plantations are located in places protected from the wind. By being very rustic, it is generally cultivated without chemical or organic fertilizer application, without the use of chemical products, with no control of weeds and, sometimes, inside the brushwood and forest. Its fruit is the favorite on the Santa Catarina coast, reaching high prices on the market, normally the double of the Cavendish sub-group.

The 'Branca' banana gave origin to the banana 'Enxerto', by natural mutation (4).

In Brazil, the 'Enxerto' is also known as 'Prata de Santa Catarina', 'Branca Baixa', 'Prata Anã', 'Catarina', 'Branca de Jacinto Machado' and 'Prata Mineira'. The Enxerto cultivar is also known as 'Santa Catarina Prata' and 'Lady's Finger' in Australia, and 'Ice Cream' in the Cook Islands (1).

#### ORIGIN OF THE 'ENXERTO' BANANA

According to reports from banana producers, its origin would have occurred around the turn of the XIX century, in the Santa Catarina South Coast region, in a domestic plantation. Agriculturists assumed it had grafted spontaneously, because there were different banana cultivars at that location, giving origin to a new cultivar. Although the morphology and the botanical physiology of the banana plant do not allow grafting they named it "Enxerto" (graft in Portuguese). Today's accepted theory is that the cultivar may have originated from a natural mutation of a bud from a 'Branca' banana. The mutation in banana plants can be induced by climatic stress, such as the brusque oscillation of temperature. In the South of Brazil, the occurrence of natural mutations of banana plant is very frequent (4).

In the 'Enxerto' plantations the appearance of typical 'Branca' plants is common, becoming more frequent after the advent of *in vitro* planting material production. The origin of the cultivar by spontaneous mutation became accepted by all, due to the frequency of the giant variety, equivalent to the 'Branca' in these banana plantations (4).

#### THE DIFFUSION OF THE 'ENXERTO' BANANA CULTIVAR

With the appearance of the 'Enxerto', there was a growing interest among growers for this cultivar. Its medium size and high resistance to the winds and the cold, common problems in the region, contributed to multiply and disseminate the original plant. Its distribution in Brazil started in the

<sup>1</sup> Agronomy engineer, MSc, researcher at Epagri/EEI, Caixa Postal 277, Itajaí – SC, 88301-970, Brazil Telephone +55 47 341-5212, [licht@epagri.rct-sc.br](mailto:licht@epagri.rct-sc.br)

<sup>2</sup> Agronomy engineer, PhD, researcher retired from Instituto Agrônomo de Campinas. Av. Papa Pio XII, 199, Apto. 101, Campinas – SP, 13070-091, Brazil, Phone +55 19 3241-0085, [raulmoreira@mcp.com.br](mailto:raulmoreira@mcp.com.br)

Southern States. With the decadence of the cultivation of the 'Branca' banana, as far back as the 1950s, the 'Enxerto' banana became the main banana cultivar in the South of Santa Catarina and the Northeast of Rio Grande do Sul (2). In the 1950s it was introduced in the Ribeira Valley, in the State of São Paulo, however, its biggest expansion in that region took place after 1960, when the markets of Great São Paulo started to consume more 'Prata' type bananas.

In the 1970s the Enxerto cultivar was introduced in the germplasm bank at Embrapa Mandioca and Fruticultura where it later received the name of 'Prata Anã' and was distributed to diverse regions of Brazil and the World. In the 1990s it became the main cultivar in the Gorutuba and Jaíba irrigation projects, in the North of Minas Gerais State, where it occupied an area of nearly 15 thousand hectares. It is also well spread in the region of Bom Jesus da Lapa, BA, and in other projects of irrigation around Brazil. It is cultivated in almost all Brazil as a small-scale plantation. Abroad, it is known to be well spread in Australia, where it is the second most important cultivar, representing 9% of the banana cultivation area in that country (1).

## MORPHOLOGICAL AND POMOLOGICAL CHARACTERISTICS

The sheaths of the pseudostem of the 'Enxerto' banana are of a light green tonality and the pseudostem is robust. The perimeter of its pseudostem (30cm above the ground) is about one meter when cultivation conditions are good. The height of the pseudostem (from the ground up to the peduncle emergence point) is normally between 2.20 and 4.50 meters high. The petiole and the midrib are light green and glossy, with wax on the underside of the leaf. The leaves are of green-yellowish coloration on the underside. The upper face of the leaf has little wax and is dark green. The leaves are big and the leaf area is one of the largest among all banana cultivars.

The bunch hangs at an angle of 45°. The tepal is pinkish. Its peduncle is very thick, contrasting with the bananas that develop slowly at the beginning. A bunch, with seven to eleven hands, weighs between 7 and 40 kilograms. In Santa Catarina State they normally weigh about 13 kilograms in the first harvest and about 20 kilograms from the second harvest onwards. In irrigated banana plantations in the North of Minas Gerais State the bunches exceed 50 kilograms. The 'Enxerto' banana is known to have a high persistence of male flowers and withered bracts on the whole stalk, until the harvest time (Figure 1). The inflorescence and the male bud are of great dimensions and heavy, in contrast to the hands. The fruit is of good quality, typical of the Prata subgroup, with a bottle-necked apex and ridged transverse section. The length of the fruit in the second hand is normally between 15 and 21cm.

The 'Enxerto' banana is a rustic plant, and competes well against weeds. It is sensitive to yellow-sigatoka and black-sigatoka. It presents high resistance to the banana weevil and nematodes (3). Panama wilt disease has been limited to the expansion of its cultivations in various regions of Brazil. The bananas of this cultivar commonly present gray spots on the skin, caused by fungus (5).

## USE IN PROGRAMS OF GENETIC IMPROVEMENT

Amongst programs of genetic improvement that use the 'Enxerto' banana, the works from Embrapa, Brazil, and FHIA, Honduras, are noteworthy. In these programs, directed to obtaining tetraploid hybrids, 'Enxerto' is used as a female parental plant. In Brazil, hybrids obtained from this cultivar are under investigation, for example, PA 42-44, PA 03-22 and PA 12-03 ('Pioneira'). Honduras obtained hybrids which are today spread world wide, for example, the FHIA-01, present in Cuba, Australia ('Gold Finger') and in Brazil ('Maravilha' and 'Prata Açú'). Another important hybrid, achieved in Honduras, is the FHIA-18, that is highly resistant to yellow-sigatoka and black-sigatoka and panama disease. Among other hybrids of the FHIA, the SH 36-40 have been cultivated in Ceará, Brazil ('Pacovan Apodi') and in Minas Gerais, Brazil ('Prata Graúda').

Epagri has worked with the selection of clones of the 'Enxerto' banana since 1981, in Santa Catarina State, aiming at obtaining materials more resistant to panama wilt disease. In this work, the most prominent material is the EX-033 selection, which has a higher level of resistance to disease than the original 'Enxerto' banana and produces bigger hands and fingers than the latter, especially in the first crop (3). Embrapa and Epamig have been carrying out work on the selection of 'Enxerto' banana clones and they are studying 62 clones collected in the North of Minas Gerais State. The objective of this work is the selection of smaller sized plants, with more than 10 hands per bunch and fingers over 16cm long (6).

## BIBLIOGRAPHY

1. DANIELLS, J. W.; BRYDE, N. J. 2001. Banana varieties. Brisbane, Queensland, Austrália: Q. H. I./ D.P. I., 69p.
2. LICHTENBERG, L. A. *et al.* 2001. In: Simp. Brasileiro sobre Bananicultura, 4., Anais... Jaboticabal: FCAV-Unesp/Funep, p. 66-96.
3. LICHTENBERG, L.A.; ZAFFARI, G.R. 2003. Banana. In: Boletim Técnico, 120. Florianópolis: Epagri, p. 31-38
4. MOREIRA, R. S.; LICHTENBERG, L. A. 2006. Simpósio Brasileiro Sobre Bananicultura, 6, Anais... Florianópolis:
5. MOREIRA, R. S. 1999. Banana – Teoria e prática de cultivo. 2ª ed. São Paulo, SP: Fundação Cargill, CD Rom nº 222, com 140 MB, outubro, 1999.
6. SILVA, S. O. *et al.* Melhoramento genético da bananeira. In: Simpósio Norte Mineiro sobre a cultura da banana, 1., Anais... Montes Claros, MG: Editora Unimontes, 2001. p. 218-237.



Figure 1. Extreme persistence of male flowers and withered bracts on the stalk, in 'Enxerto' banana.

## BANANA IN HORTICULTURE AND NUTRITIONAL SECURITY

### A BANANA NA SEGURANÇA HORTÍCOLA E NUTRICIONAL

M.M.Mustaffa<sup>1</sup> & S. Sathiamoorthy

#### INTRODUCTION

Human beings need wide ranges of foods as nutrients for energy, growth promotion and to sustain the metabolic functions, which are essential for life. These nutrients include protein, fat, carbohydrate, vitamins and minerals, which when supplied in the right amount supports and sustain life and physical activity. Protein, fat and carbohydrates referred as proximate principles, which are oxidized in the body to yield energy. Vitamins and minerals do not supply energy but they play an important role in the regulation of metabolic activity and help in the utilization of the proximate principles. Minerals are utilized for formation of body structure and skeleton.

It is estimated that the world population would be 8.3million by 2030 and hundreds and millions of people living in the developing countries will remain hungry. At present, there are 840 million people not having enough to eat. The under-nourished have an average deficit of more than 300 calories person<sup>-1</sup> day<sup>-1</sup>. According to UN world children report, around 200 million children under the age of five are malnourished. The malnourishment mainly caused by unbalanced diet and micronutrient malnutrition (deficiency of vitamins and minerals).

Food security is often defined as access by all people at all times to sufficient food required for a healthy and active life. Food security is vital which includes food sufficiency, economic availability and nutritional quality. Protein-energy malnutrition (PEM), Vitamin A deficiency, iodine deficiency disorders (IDD) and nutritional anemia mainly resulting from iron deficiency or iron losses are the most common serious nutritional problems in India.

The physiological requirement of various nutrients for human beings of different age and sex group varies. Fruits are an important nutritive component of the daily diet and the nutritional value of fruits as a vital source of minerals and micronutrients have been well recognized but, so far, importance has been given only to cereal crops. Fruits are particularly important sources of vitamins viz., pro-vitamin A, vitamin C, B6, E and folic acid. Consumption of fruits has been associated with protection against certain types of cancer, cardiovascular diseases and various age related diseases due to the presence of anti-oxidants, flavanoids and enzymes.

Horticultural crops are more important in terms of providing carbohydrates, vitamins and minerals especially fruits play an important role in providing nutritional security. Among fruits, banana is one of the cheapest fruits available but rich in nutritive value with a calorific value of 137 K calories/ 100g fruit. It has easy to digest, fat free and a rich source of carbohydrates, minerals and vitamins. Moreover, India is the largest producer of banana in the world with the total area of approximately 4.9 lakh ha under cultivation with a production of 16.91 million metric tones.

Bananas (*Musa* sp) which is called as 'Apple of Paradise' is one of the earliest fruits cultivated by mankind. An oldest reference of banana was found in Ramayana, a Sanskrit epic written by Valmike (2020 BC). The importance of banana as a food – fruit crop can hardly be exaggerated adding to its multifaceted uses as food, fibre, fuel and therapeutic values hence, it is often referred as "Kalpatharu" (Plant of Virtues).

Bananas are often used as the first solid food fed to infants in many parts of the globe, as they are readily acceptable and easily digestible. Ripe bananas being one of the most easily digested foods (105 minutes) and are widely used in the nutrition of infants and for people suffering from various intestinal disorders. Bananas and plantains have a high carbohydrate and low fat content, making them useful particularly in low fat diets. They are also rich source of many vitamins and minerals particularly Vitamin A (carotene), Vitamin B (thiamin, niacin and riboflavin), B<sub>6</sub> and Vitamin C (ascorbic acid).

Bananas are free from uric acid and ideal for patient with gout or arthritis. Since banana having low sodium, contains very little fat and no cholesterol, it is very useful in managing patients with high blood pressure and heart diseases. A fully ripe banana mixed with milk powder is especially recommended for ulcer patients.

The desert banana is popular for its flavour, texture. Banana contributes the vitamin A, C and B6 content of the diet and is an important and immediate source of energy. A medium sized banana

<sup>1</sup> National Research Centre for Banana, Tiruchirapalli Tamil Nadu, INDIA

contains 280 Kilo Joules, which is more than any deciduous or citrus fruits. Bananas and plantains are particularly high in 'K' having more than double the concentration in ripe pulp than most other tropical fruits. The desert banana has a therapeutic value in many special diets. Ripe mashed banana is an excellent food for babies from the age of three months for its easy digestibility and the mineral and vitamin content. For aged people the fruit can be consumed in large quantities without being fattening or causing digestive disturbances.

Banana is low in sodium making it a salt free food. Due to the low lipid and higher energy value, bananas are recommended for obese and geriatric patients. Bananas are also useful for the treatment of peptic ulcers, infant diarrhea, colic disease and in colitis.

Yellow banana and especially plantains fruits are rich in Vitamin A and act as an aid to digestion and boiled mashed fruit are good for relieving constipation.

#### **Nutritive value of bananas and plantains**

|                  | Banana /100g of fruit | Plantain /100g of fruit |
|------------------|-----------------------|-------------------------|
| Water (%)        | 74.26                 | 65.28                   |
| Energy (Kcal)    | 92                    | 122                     |
| Protein (g/100g) | 1.2                   | 1.3                     |
| Fat (g)          | 0.48                  | 0.37                    |
| Carbohydrate (%) | 23.43                 | 31.89                   |
| Calcium (mg)     | 6.0                   | 3.0                     |
| Iron (mg)        | 0.31                  | 0.6                     |
| Potassium (mg)   | 396                   | 499                     |
| Sodium (mg)      | 1.0                   | 4.0                     |
| Vitamin A (I.U)  | 81                    | 1127                    |
| Vitamin C (mg)   | 9.1                   | 18.4                    |
| Thiamin (mg)     | 0.045                 | 0.052                   |
| Riboflavin (mg)  | 0.100                 | 0.054                   |
| Niacin(mg)       | 0.540                 | 0.686                   |
| Crude fibre (%)  | 0.5                   | ---                     |
| Phosphorus (ppm) | 290                   | ---                     |
| Ash (%)          | 0.9                   | ---                     |

#### **Nutritive value of banana ripe fruit**

|            |               |         |            |         |
|------------|---------------|---------|------------|---------|
| Moisture % | Protein %     | Fat %   | Minerals % | Fibre % |
| 70.1       | 1.2           | 0.3     | 0.8        | 0.4     |
| Calcium mg | Phosphorus mg | Iron mg | Mg mg      | Na mg   |
| 17         | 36            | 0.36    | 41         | 36.6    |
| Cu mg      | Mn mg         | Mo mg   | Zn mg      | Cr mg   |
| 0.16       | 0.2           | 0       | 0.15       | 0.004   |

#### **Vitamin value of banana fruit**

|          |          |            |        |           |           |
|----------|----------|------------|--------|-----------|-----------|
| Carotene | Thiamine | Riboflavin | Niacin | Vitamin C | Vitamin A |
| µg       | mg       | mg         | mg     | mg        | IU        |
| 78       | 0.5      | 0.08       | 0.5    | 7         | 10        |

#### **Essential Amino acid value of banana fruit (mg/100g)**

|            |           |         |               |                |          |
|------------|-----------|---------|---------------|----------------|----------|
| Arginine   | Histidine | Lysine  | Tryptophan    | Phenyl Alanine | Tyrosine |
| 84         | 84        | 46      | 13            | 44             | 29       |
| Alanine    | Threonine | Leucine | Isoleucine    | Valine         | Proline  |
| 50         | 38        | 53      | 32            | 45             | 46       |
| Methionine | Cystine   | Serine  | Glutamic acid | Aspartic Acid  |          |
| 22         | 30        | 44      | 104           | 118            |          |



### **Nutritive value of plantains**

| Moisture%     | Protein%    | Fat%          | Minerals% | Fibre%        | Carbohydrate% |
|---------------|-------------|---------------|-----------|---------------|---------------|
| 66.4          | 1.1         | 0.4           | 0.9       | 0.4           | 31.2          |
| Energy Kg cal | P mg        | Fe mg         | Na mg     | Ca mg         | K mg          |
| 119           | 30          | 0.7           | 5         | 7             | 385           |
| Vitamin A IU  | Thiamine mg | Riboflavin mg | Niacin mg | Vitamin. C mg |               |
| 1200          | 0.06        | 0.04          | 0.6       | 14            |               |

### **Bananas parts used for medicinal uses**

| Parts                                    | Uses                                                              |
|------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| Pseudostem Core                          | Dissolving Kidney stones                                          |
| Tender banana pulp in milk               | Reducing piles problem                                            |
| Cooked tender banana                     | Overcoming ulcer                                                  |
| Banana skin extract                      | Overcoming urinary tract infection and loose motion.              |
| Seeded wild banana leaf ash+ honey paste | Control of unusual prolonged hiccupping                           |
| Cooked banana flowers in thick curd      | Control excess menstrual bleeding                                 |
| Pseudostem extracts                      | Cooling the burns, dissolving the boils and useful as anti-venom. |

Certain compounds present in banana act as “angio-tension converting enzymes” (ACE) inhibitors and some banana varieties are found to contain ACE inhibiting properties, which play a vital role in bringing down blood pressure within a week (Anon., 1999).

The juice from the male bud provides a remedy for stomach problems and there are reports that ripe fruits are being used in the treatment of asthma and bronchitis. For strengthening babies, vitamin rich nectar sap taken from banana flower buds can be used.

The capacity of the banana to neutralize free hydrochloric acid suggested its use in peptic ulcer therapy. For patients with gastritis and gastroenteritis, banana is one of the first food to be given after nausea and vomiting.

Though all banana varieties are found to have most of these nutritional and medicinal values on par with each other, varieties like Red banana, Monthan, Nendran and Peyan are the most popular bananas due to their medicinal properties.

The role of banana in the country for nutritional security is becoming increasingly important. Vast potentials exist to extend the banana cultivation and production to ultimately reach the poor in enough quantities within their purchasing power. Therefore, the banana can play a vital role in nutritional security, through alleviating the micro nutrient malnutrition.

## **IMPORTANCIA DE LA JERARQUIZACION DE LOS FACTORES LIMITANTES DE LA PRODUCCION DE BANANO; ORIENTACION DE LOS PROCESOS DE DIAGNOSTICO Y CONSECUENCIA PARA LA ACCION**

### **IMPORTANCE OF THE HIERARCHISATION OF THE BANANA PRODUCTION LIMITING FACTORS; ORIENTATION OF THE PROCESSES OF DIAGNOSIS AND CONSEQUENCE FOR THE ACTION**

Thierry Lescot<sup>1</sup> & Philippe Marie

#### **RESUMEN**

Durante más de una década, el CIRAD trato de analizar la situación productiva en una decena de países productores de banano a través de la herramienta de la encuesta diagnostico multifactorial. Esta metodología esta pasada en el análisis descriptivo, pero detallado en numerosos parámetros de la diversidad existente entre zonas y parcelas, relacionado con los principales parámetros de la productividad. Este análisis orientó varias adaptaciones e innovaciones y se logro mejorar la productividad en un promedio del 40 %, bajando el uso de pesticidas hasta la mitad.

#### **SUMMARY**

During more than one ten years the CIRAD could analyze the productive situation in ten banana producer countries by using the method of the multifactor investigation diagnosis. This method is based on the descriptive but detailed analysis of many parameters of existing diversity between zones and plots in relation to the main parameters of the productivity. These experiments made it possible to direct several technical adaptations and innovations and to obtain improvements of an average of productivity of 40 %, while decreasing by half the use of pesticides.

Keywords: socioeconomics, statistics, productivity.

#### **RESUME**

Pendant plus de dix ans le CIRAD a pu analyser la situation de la production dans une dizaine de pays producteurs de bananes en utilisant la méthode de l'enquête-diagnostic multifactorielle. Cette méthode est basée sur l'analyse descriptive mais détaillée de nombreux paramètres de la diversité existante entre zones et parcelles et mise en corrélation avec les principaux paramètres de productivité. Ces expériences ont permis d'orienter plusieurs adaptations et innovations techniques et permis d'obtenir des améliorations de productivité en moyenne de 40 %, tout en diminuant de moitié l'utilisation des pesticides.

Palabras Clave : Banano, Productividad, Diagnostico, Manejo, Encuesta

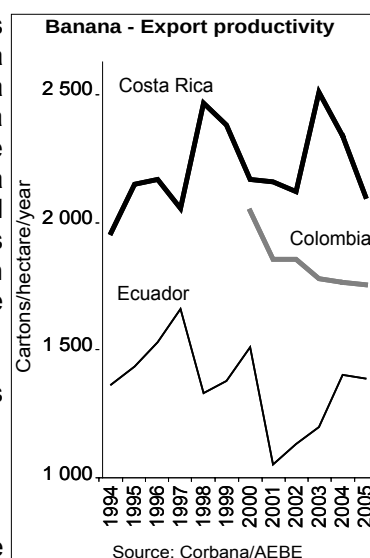
---

<sup>1</sup> Centre de coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le développement (CIRAD), TA50/PS4, 34398 Montpellier Cedex 5, France ; thierry.lescot@cirad.fr

## INTRODUCCION

Desde una década, existe la preocupación en varios países productores de un estancamiento hacia bajada ocasional de la producción (Figura 1). Una hipótesis avanzada por expertos para explicar esta situación es un posible desequilibrio biótico por la intensificación del monocultivo a nivel del suelo-rizosfera lo que ocasiona recientemente una serie de investigación sobre la compleja interacción entre factores bióticos y abióticos en la rizosfera del banano. Sin embargo, parece importante recordar las bases de los determinantes generales, bióticos y abióticos, de la producción intensiva de banano, fundamentos de cerca de 50 años de investigación internacional.

Figura 1 : Evolución de la productividad de los tres mayores países exportadores latino-americanos.



## MATERIAL Y METODOS

La ecuación comúnmente admitida de la productividad es la siguiente :  $P_t = N_p \times (N_{psd}/N_p) \times (N_{pnd}/N_{psd}) \times (N_{pf}/N_{pnd}) \times (N_{rc}/N_{pf}) \times (N_{ra}/N_{rc}) \times (P_{pe} + P_m + P_r) + [(N_{rc} - N_{ra}) \times P_{pfr}]$

Con :

- $P_t$  = producción en tonelada
- $N_p$  = numero de plantas (matas) sembradas
- $N_{psd}$  = numero de plantas (matas) sembradas en desarrollo
- $N_{pnd}$  = numero de plantas (matas) con normal desarrollo
- $N_{pf}$  = numero de plantas (matas) florecidas
- $N_{rc}$  = numero de racimos cosechados
- $N_{ra}$  = numero de racimos aceptados
- $P_{pe}$  = peso promedio "export" por racimo
- $P_m$  = peso merma (rechazo fruta) por racimo
- $P_r$  = peso del raquí
- $N_{rc} - N_{ra}$  = numero de racimos rechazados
- $P_{pfr}$  = peso promedio de fruta por racimo rechazado

Y con una escala de referencia por algunos parámetros o ratios usados :

| Ratios                     |                   | malo | regular | medio bajo | medio | correcto | bueno | muy bueno |
|----------------------------|-------------------|------|---------|------------|-------|----------|-------|-----------|
| Coeficiente siembra        | $N_{psd}/N_p$     | 0.6  | 0.7     | 0.8        | 0.9   | 0.95     | 0.98  | 1.0       |
| Coeficiente envejecimiento | $N_{pnd}/N_{psd}$ | 0.6  | 0.7     | 0.75       | 0.8   | 0.9      | 0.95  | 1.6       |
| Coeficiente floración      | $N_{pf}/N_{pnd}$  | 0.6  | 0.7     | 0.8        | 0.9   | 1.0      | 1.1   | 1.2       |
| Coeficiente cosecha        | $N_{rc}/N_{pf}$   | 70   | 75      | 80         | 85    | 90       | 95    | 98        |
| Coeficiente empacadora     | $N_{ra}/N_{rc}$   | 0.6  | 0.7     | 0.8        | 0.9   | 0.95     | 0.98  | falso     |
| % merma                    | $P_m/P_{pe}+P_m$  | 40   | 35      | 30         | 25    | 20       | 18    | 15        |
| Peso exportado/racimo      | $P_{pe}$          | 7    | 10      | 12         | 15    | 17       | 20    | 24        |
| Calidad                    | PCMS*             | 60   | 70      | 75         | 80    | 85       | 90    | inútil    |

\*PCMS = Percentage of Clusters Meeting Specification.

Si, en la mayoría de los casos en América latina, los coeficientes de calidad desde la cosecha son buenos hasta excelentes, existen problemas de productividad antes de cosecha, lo que impide un análisis precisa de los factores limitantes.

En bananeras intervienen factores limitantes que no son de naturaleza homogéneas :

- Factores grupo 1 (abiótico) “gestión del agua” : trabajo del suelo, pluviosidad, rompe-vientos, drenaje, etc.
- Factores grupo 2 (biótico) “parasitismo” : nematodos, picudo (a notar que la sigatoka no se considera como un limitante común : es considerado como un riesgo conocido y con un costo de control calculado), etc.
- Factores grupo 3 “nutrición” : materia orgánica, gestión de mulchs y residuos de cultivo, nutrición mineral (corto y largo plazo), frecuencia de aportes, acidificación, etc.
- Factores grupo 4 “manejo” : culti-variedades, densidad, deshija, conducta de la planta, cuidado de la fruta, etc.

La estrategia de la encuesta diagnostico es tener un gran numero de datos que reflejan la diversidad in situ de la productividad y hacer análisis estadísticas a partir de lotes (parcelas) divididas en clases homogéneas en relación con la productividad (ecuación). Ej. : conteo nematológico (por 100g de raíces) ; calificación ataque picudo sobre cormo de plantas recién cosechado ; pluviosidad diaria (de bajo de 30 mm) ; ETP; N, P K, Ca y Mg (suelo y foliar); calificación densidad, deshija, etc.

Se utiliza herramienta de estadística descriptiva (Perrier 1991) que permite la jerarquización de los factores (regresión simple, análisis de los componentes principales (ACP), análisis factorial de correspondencia (AFC) y segmentación) : esta herramienta da un argumentario circunstancial pesado de naturaleza científica que permite tener una buena percepción de la situación y poder verificarlo con ensayos clásicos de corrección usando la estadística cuantitativa clásica, así como integrar innovaciones (cambio de variedades, técnicas MIP, sistema de riego, etc.), con menor perdida de tiempo y a menor costo.

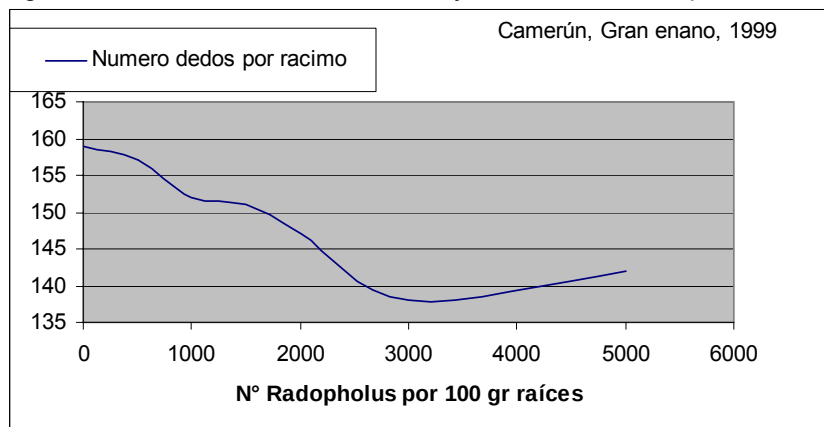
Este análisis descriptiva necesita entonces datos generales (pluviosidad, temperaturas, etc.) como datos representativos de parcelas/bloques homogéneos (conteo nematodo, picudo, análisis suelo/foliar, productividad semanal/mensual/anual, manejo, etc.), de tipo cuantitativo (ej. : lluvia, contenido en magnesio, ...) o de tipo cualitativo (deshije, deshoje, ...), esos últimos se ordenan en clase. Esta toma de datos puede durar entre un y tres meses (según la extensión del área bananera a diagnosticar ; la análisis estadística puede durar entre un y dos meses, incluyendo la parte diagnostico final y orientaciones de mejora. Esta metodología permite ahojar mucho tiempo y precisar los detalles en las acciones por bloques/parcelas así como las pruebas en pequeñas escalas de algunas hipótesis.

## RESULTADOS Y METODOS

La metodología fue desarrollada en 9 grandes zonas/países productores.

En Camerún (Marie 2002) sobresalió fácilmente el problema de nematodos (Figura 2) :

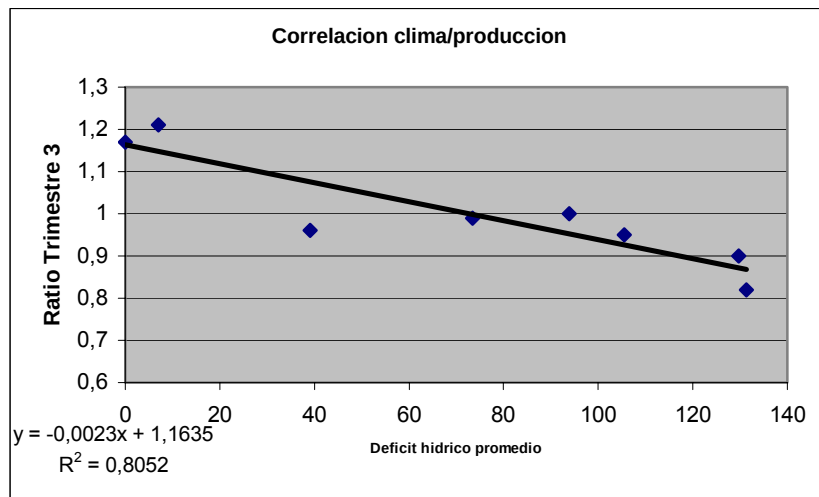
Figura 2 : correlación entre nematodo y numero de dedos por racimo.



En Camerún, la mejora consintió en la integración progresivo (3 años) del barbecho (3-6 meses) y la rotación con el cultivo de piña para exportación para limitar el uso de nematocidas.

En Colombia (Uniban) (Marie, 2005) sobresalieron varios factores como el déficit hídrico (1997-2004) (Figura 3) o el desequilibrio cationico (Figura 4) :

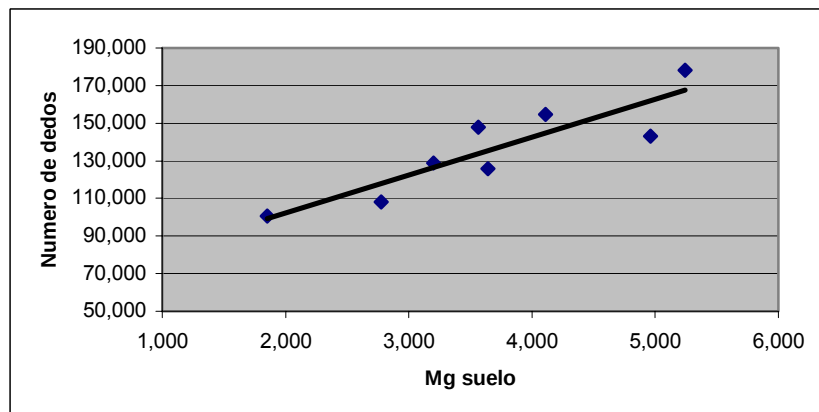
Figura 3 : correlación entre déficit hídrico (1997-2004) y ratio caja/racimo por los trimestres 3.



Ratio = caja/racimo

Se sugirió analizar la posibilidad de inversión en sistema de riego en algunas zonas critica.

Figura 4 : correlación entre el contenido en magnesio del suelo y el numero de dedos por racimo.



Se sugirió un nuevo plan de fertilización, insistiendo en los equilibrios cationicos (incluyendo dosis y frecuencias de aplicaciones en relación con la pluviosidad para un mejor compromiso costo/eficiencia de la fertilización).

En Martinico (Marie, 1997), un ejemplo de la jerarquización de los factores limitantes mediante la herramienta estadística de la segmentación (figuras 5 y 6) :



Figura 5 : Representación de la segmentación de los factores implicados en la variabilidad de los números de dedos por racimo.

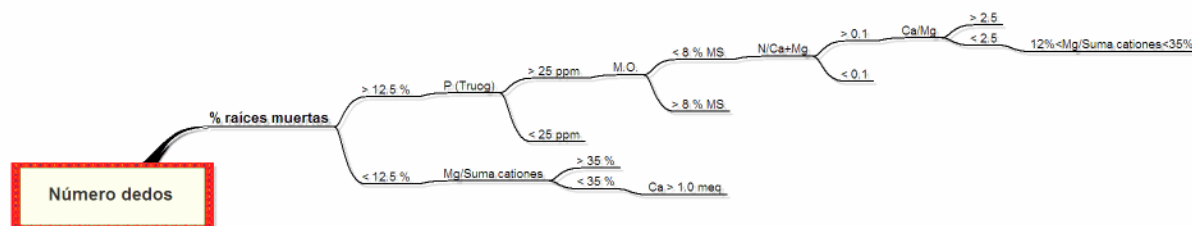


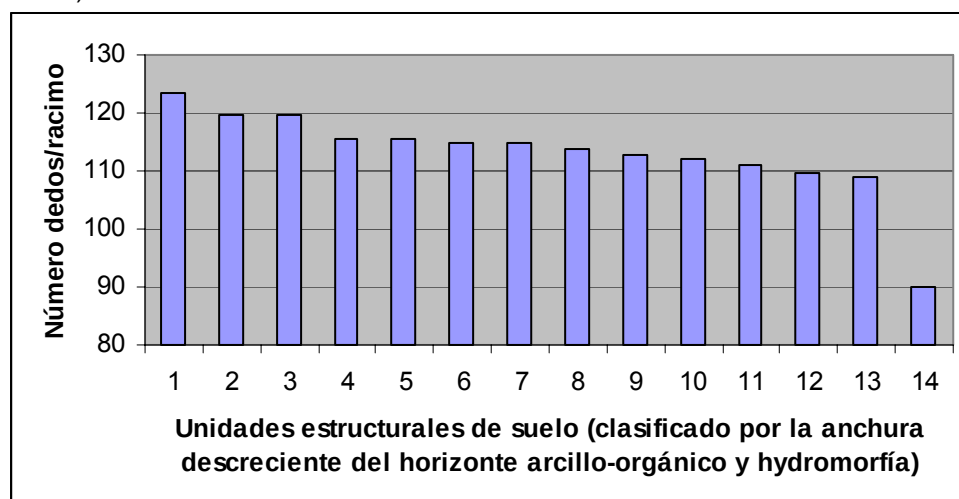
Figura 6 : Representación de la segmentación de los factores implicados en la variabilidad de la longitud de los dedos.



Los números y longitud de los dedos son primero en estrecha correlación con el porcentaje de raíces muertas (ellas mismas relacionadas con ataque de *Radopholus similis* y *Cylendrocladium*, picudo negro y tipo de suelo) y después algunos elementos del equilibrio cationico (nutrición).

En Surinam (Marie, 1997), sobresalieron los problemas de manejo del agua (drenaje y riego) en relación con las estructuras de los suelos (Figura 7) :

Figura 7 : Correlación entre unidades de suelo y numero de dedos por racimo (variedad : Gran enano).



Un plan de manejo del agua (drenaje y riego) fue establecido para todo el área bananera, así como otros aspectos del diagnostico (pH, picudo, nutrición, ...), lo que mejoró de maneja consiste en 2 años la productividad general de esa agro-industria importante del Surinam.

En esas nueve zonas se obtuvo o se espera (aplicación en curso) entre 10 y 100 % de aumento de productividad (tabla 1)

Tabla 1 : Resultados en 9 países/zonas bananeras con base a los resultados de encuestas diagnóstico multifactorial.

| País                                           | Superficie (Has) | Limitantes                                                                    | Aumento promedio productividad obtenido o esperado* |
|------------------------------------------------|------------------|-------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| Martinico                                      | 8,000            | 1. Nematodos-cylindrocladium<br>2. Equilibrio cationico                       | 20 %                                                |
| Guadalupe                                      | 4,300            | 1. Nematodos-cylindrocladium                                                  | 18 %                                                |
| Colombia (Uniban)                              | 12,000           | 1. Riego,<br>2. Nematodos<br>3. Equilibrio cationico                          | 30 %*                                               |
| Camerún                                        | 2,500            | 1. Mg (andosoles<br>2. Picudo-nematodos<br>3. Drenaje-física del suelo        | 15 %                                                |
| Costa de Marfil                                | 2,500            | 1. Equilibrio cationico,<br>2. nematodos                                      | 10 %                                                |
| Surinam                                        | 2,000            | 1. Drenaje-riego,<br>2. pH,<br>3. Edad plantas,<br>4. Picudo,<br>5. Nutrición | > 100 %                                             |
| Ghana (Orgánico)                               | 300              | 1. Nutrición<br>2. Riego                                                      | > 100 %                                             |
| Ecuador                                        | 50,000           | Cambio y/o homogeneización variedades antes encuesta                          | 15 %*                                               |
| República Dominicana (orgánico y convencional) | 3,000            | 1. Riego,<br>2. Nematodos,<br>3. Nutrición                                    | 30 %*                                               |

Esos resultados fueron obtenidos entre 2 y 3 años después del análisis.

Se obtuvo esos resultados sin aumento de la carga en pesticidas, en la mayoría de los casos, se aplica las nuevas recomendaciones de manejo integrado de plagas. Los porcentajes de aumento no contemplan las posibles pérdidas momentáneas aplicando la práctica ya generalizada para el control de nematodos : barbecho (o/y cultivo transitorio) + uso de plantas *in vitro*.

En ningún caso se encontró una acumulación de pesticidas que explicaría un problema de productividad.

## CONCLUSION

Para establecer un plan de acción pertinente en la mejora de la productividad de una zona bananera, se necesita identificar y jerarquizar los 4 o 5 principales factores limitantes.

La práctica de la metodología de la encuesta diagnóstica no da una demostración y no toma en consideración la innovación, solamente establece un "ranking" de los factores limitantes versus parámetros de la productividad usando la diversidad de situaciones existentes para discernir los grandes "cuellos de botella". Eso permite en una segunda etapa verificar hipótesis y/o introducir innovaciones a comprobar con ensayos clásicos (estadística cuantitativa). Esta herramienta usada en varios países funcionó perfectamente : no hubo equivocación lo que permite ahorrar tiempo y gastos en la investigación aplicada clásica.

## BIBLIOGRAFIA

1. Marie, P. ; Carteron, T. 1997. Facteurs limitants en production bananière, contribution à l'étude du rendement, cas des sols sur ponces dans le nord de la Martinique. CIRAD-FHLOR (France), 75 p.
2. Marie, P. 2002. Enquête-diagnostic sur l'amélioration de la productivité d'une bananeraie au Cameroun. CIRAD-FLHOR (France). 324 p.
3. Marie, P. ; Lassoudière, A. ; De Lapeyre, L. ; Faucher, A. ; Le Monnyer, J. ; Martin, P. 1997. Consultancy to advise on improvement of productivity and quality of banana production industry in Suriname. Synthesis report. CIRAD-FLHOR (France), 249 p.
4. Marie, P. ; Lescot, T. 2005. Productividad bananera, Uniban-Uraba. CIRAD-FLHOR (France), 35 p.
5. Perrier, X. ; Delvaux, B. 1991. Une méthodologie de détection et de hiérarchie des facteurs limitant la production à l'échelle régionale. Application à la culture bananière. Fruits (France), 46(3) : 213-226.

## STATUS OF BANANA INDUSTRY IN INDIA

### O STATUS DA BANANICULTURA NA ÍNDIA

M.M. Mustaffa<sup>1</sup> & S. Sathiamoorthy

#### INTRODUCTION

Bananas and plantains is one of the most popular fruits in the world in terms of production, per capita consumption besides one of the important fruits of commerce. Bananas and plantains is the fourth important global agricultural commodity after rice, wheat and maize in terms of gross value of production. It is cultivated in over hundred countries throughout the tropical and sub-tropical regions of the world.

#### BANANA IN INDIA

There has been a gradual increase in production of banana during the last thirty years and especially during the last decade a spectacular growth has been witnessed due to the concerted efforts in banana research. The area has doubled from 2.0 lakh ha in early 70's to 4.9 lakh ha in 2000. The banana production has made a giant leap by five times from 3.0 million tonnes in 70's to 16.8 million tonnes in 2000. Productivity has also increased from 11.5 tonnes per hectare to 34.3 tonnes per hectare (national average) while in some states it is recorded as 60.0 tonnes per hectare. This significant increase in the production and productivity of banana could happen due to adoption of improved cultivars, production technologies like optimum plant density; nutrition and water management coupled with integrated pest management strategies.

Table 1: Growth of Banana Industry in India

| Year | Area<br>(Million ha) | %<br>Increase | Production<br>(Million Tons) | %<br>Increase | Productivity<br>(tonnes/ha) |
|------|----------------------|---------------|------------------------------|---------------|-----------------------------|
| 1962 | 0.20                 | ---           | 2.6                          | ---           | 11.5                        |
| 1977 | 0.24                 | 48.0          | 5.9                          | 153.4         | 15.54                       |
| 1987 | 0.30                 | 150.0         | 8.9                          | 255.0         | 17.42                       |
| 1993 | 0.43                 | 215.0         | 11.9                         | 457.0         | 27.57                       |
| 1997 | 0.44                 | 220.0         | 13.33                        | 512.0         | 29.7                        |
| 2000 | 0.49                 | 245.0         | 16.81                        | 696.0         | 34.3                        |

Although banana prefers tropical climate, it is well adapted to humid tropics; humid sub-tropics and semi-arid subtropics and from the sea level up to an elevation of 2000 m above MSL. Major growing states are: Tamil Nadu, Andhra Pradesh, Assam, Bihar, Gujarat, Karnataka, Kerala, Madhya Pradesh, Maharashtra, Orissa and West Bengal. Other states have limited area and production. Among the states, highest productivity is recorded in Maharashtra followed by Tamil Nadu.

#### Major Commercial Cultivars

India is home of wide range of *Musa* cultivars with varying genomic status and is endowed with diverse agro-climatic conditions, which has encouraged the development and sustenance of large number of varieties catering to local needs. Though, more than 20 varieties have assumed the status of commercial cultivation, Cavendish groups form the main stay of Indian banana Industry, owing to its high yield, wider market acceptability, shorter crop duration and high economic returns per unit area. Poovan is another cultivar grown commercially in different regions for its wider adaptability and tolerance to drought and diseases. Rasthali is grown in some specific regions due to its premium price in the market. Ney Poovan is also grown commercially in many parts of the country. Virupakshi, Monthan, Karpuravalli and Chakkia are also important in some states. Nendran is specially grown in Kerala and Tamil Nadu due to the local preference. The varietal situation prevailing in different states/ regions indicated the regional adaptation, sustainability and regional preferences.

<sup>1</sup> National Research Centre for Banana, Tiruchirapalli Tamil Nadu, INDIA

Table 2 : State wise area, production and productivity of banana in India

| States         | Area (ha)       | Production ( T )   | Productivity (T/ha) |
|----------------|-----------------|--------------------|---------------------|
| Andhra Pradesh | 48,500          | 12,12,500          | 25.00               |
| Assam          | 41,922          | 5,83,383           | 13.92               |
| Bihar          | 29,196          | 5,83,920           | 20.00               |
| Gujarat        | 34,201          | 11,09,069          | 32.43               |
| Karnataka      | 61,031          | 20,15,013          | 33.02               |
| Kerala         | 27,914          | 3,93,720           | 14.10               |
| Maharashtra    | 72,175          | 43,30,500          | 60.00               |
| Madhya Pradesh | 23,860          | 9,65,375           | 40.46               |
| Orissa         | 16,350          | 1,93,540           | 11.84               |
| Tripura        | 4,033           | 27,400             | 6.79                |
| Tamil Nadu     | 92,158          | 48,56,416          | 52.70               |
| West Bengal    | 18,810          | 3,31,400           | 17.62               |
| Others         | 20,278          | 2,09,922           | 10.35               |
| <b>Total</b>   | <b>4,90,428</b> | <b>1,68,12,158</b> | <b>34.28</b>        |

Source: National Horticulture Board, Year Book – 2002

Table 3 : Important cultivars of dessert, plantains and cooking bananas

| Ploidy/<br>genome | Cultivars         | State                                                                    |
|-------------------|-------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| <b>Diploid</b>    |                   |                                                                          |
| AA                | Matti             | Tamil Nadu                                                               |
| AB                | Ney Poovan        | Karnataka, Tamil Nadu, Kerala, Maharashtra                               |
|                   | Kunnnan           | Tamil Nadu                                                               |
| <b>Triploid</b>   |                   |                                                                          |
| AAA               | Robusta           | Maharashtra, Karnataka, Tamil Nadu                                       |
|                   | Cavendish         | Gujarat, Bihar, Madhya Pradesh, Andhra Pradesh, Assam                    |
|                   | Red banana        | Karnataka, Tamil Nadu, Kerala                                            |
| AAB               | Poovan            | Tamil Nadu, Karnataka, Kerala, Bihar, Andhra Pradesh, Assam, West Bengal |
|                   | Rasthali          | Tamil Nadu, Karnataka, Kerala, Andhra Pradesh, Bihar, Assam              |
|                   | Virupakshi (Pome) | Tamil Nadu                                                               |
|                   | Pachanadan (Pome) | Tamil Nadu                                                               |
|                   | Nendran           | Tamil Nadu, Kerala                                                       |
| ABB               | Karpuravalli      | Tamil Nadu, Bihar, West Bengal                                           |
|                   | Pey Kunnnan       | Tamil Nadu                                                               |
|                   | Monthan           | Tamil Nadu, Kerala, Andhra Pradesh                                       |
|                   | Ney Vannan        | Tamil Nadu                                                               |
|                   | Chakkia           | Tamil Nadu                                                               |

### Selection

Gandevi, a mutant of Giant Cavendish has exhibited its superiority with an average yield of 45 kg bunch as compared to other Cavendish selections namely, Shrimanti, Padarse etc.

A promising selection was made from Karpuravalli at NRCB, which is released as 'Udayam'. The selection is with 16 to 18 hands and produces 35 to 45 kg bunch with uniform sized fingers having better keeping quality.

### Hybrids

In India, earlier efforts have been made by Tamil Nadu Agricultural University (TNAU), Coimbatore but were successful in a very limited scale, in breeding AAB Prata dessert bananas (pome type). Breeding diploid male parents as potential sources of resistance to *Mycosphaerella* spp, Foc and nematodes at TNAU has resulted in development of 25 useful lines. Later, breeding work was also initiated at Banana Research Station, Kannara, Kerela Agricultural University, Thrissur.

## Co-1

It is a promising pome hybrid resultant of 3 - way sequential crosses. It produces the typical acid/apple flavour of Virupakshi even in plains, contrary to Virupakshi, which develops aroma only when grown at higher altitudes.

### H-1 (Agniswar x Pisang Lilin)

A hybrid with shorter cropping cycle It is resistant to leaf spot, *Fusarium* and burrowing nematode (*Radopholus similis*) incidences. Plant is medium tall with a bunch weight of 14-16 kg. Elongated fruits turn attractive golden yellow on ripening. Slightly acidic fruit and on full ripening develops high sugar content. H-1 has a remarkable early ratooning ability, completing 4 crop cycles in 3 years. This hybrid is immune to Sigatoka leaf spot diseases.

### H-2

A hybrid of Vannan x Pisang Lilin, developed at KAU, Kannara, is a medium-stature plant of 7-8 ft height. Crop cycle is short with bunch coming to harvest in 11-12 months. Average weight of the bunch is 15-20 kg with short, stout, dark green Poovan - like fruits, which are arranged very compactly. Fruits are slightly acidic with pleasant sweet-sour aroma. Plant is highly tolerant to leaf-spot disease and nematodes. Hence, it is suitable for subsistence cultivation.

## Uses

Bananas and plantains have a high carbohydrate and low fat content, making them useful particularly in low fat diets. They are also good source of many vitamins and minerals particularly vitamin A (carotene), vitamin B (thiamin, niacin and riboflavin), B<sub>6</sub> and vitamin C (ascorbic acid). Banana is low in sodium, making it a salt free food. Due to the low lipid and higher energy value, bananas are recommended for obese and geriatric patients. Banana fruits being rich in vitamin A act as an aid to digestion while boiled, mashed fruit are good for relieving constipation. The juice from the male bud provides a remedy for stomach problems. Bananas are often used as the first solid food fed to infants in many parts of the globe, as they are readily acceptable and easily digestible.

Dried banana leaves are used as fuel in the rural areas of India. The dried sheaths are tightly twisted and made into two feet long sticks. In addition, dried banana leaves are used for thatching the roofs and also as a fence, which prevent the sun radiation and reduces the pollution, is popular in banana growing villages. Recently, use of dried banana leaves has been reported as a better substrate straw to grow oyster mushrooms than paddy.

All parts of the plant are useful. Paper board, tissue paper, etc., can be prepared out of banana pseudostem. Various products like banana chips, banana fig, RTS drink, flour and powder, jam, confections, dehydration of core slices, wine, pickles from male bud, immature fruit and stem, etc., can be made from banana. Half of bananas of the world are eaten as cooked vegetable.

Banana fibre extracted from pseudostem waste has great scope in the preparation of products like marine cordages, high quality paper cardboards, tea bags, string thread, high quality fabric material and paper for currency notes. Banana fibre being a natural sorbent, it has high potential in absorbing the spilled oils in the refineries etc.

## PRODUCTION CONSTRAINTS

### 1. Production Practices

#### 1.1. Availability of disease free planting materials

In India, banana is mostly propagated by suckers and to a smaller extent by tissue culture plants. Due to the repeated replanting of the suckers from the infected areas, the banana industry is under threat due to low yield, increased cost of cultivation and low income. The recent identification of new virus diseases due to the BSV and BMV in banana has threatened the banana industry. This situation has forced the farmers to search for disease free planting materials, which is highly essential for successful banana production.

#### 1.2. Clump spacing, management and root health

The adoption of annual replanting in most parts of banana growing states has lead to increased unit cost of banana production in contrast to the perennial cultivation adopted in other parts of the globe. In the annual replanting system, clump management is vital to get maximum production with minimum



cost of cultivation. In the clump management, management of root health is most important for better absorption of nutrients and water for better growth and yield.

### 1.3. Integrated nutrient and water management

Banana is a heavy feeder and requires heavy fertilization of nitrogen and potassium. For cost minimization optimum application of fertilizers play an important role in the production of banana. In addition, optimum application of water during the critical stages of plant growth plays a vital role in maximizing the production. In addition, to improve the soil health and sustainability, application of bio-fertilizers and organic manures attracted the attention to reduce the soil and water pollution

### 1.4. Better handling and storage of fruits

In India, an estimated loss of 25 to 30 % accounting to Rs.13 million recorded every year due to poor handling, transportation and storage. Improved banana handling systems for better post harvest quality of fruits is necessary.

There is a need to use biotechnological approaches to increase the shelf life of banana, as fruits are highly perishable in nature.

### 1.5. Export of banana and plantains

Though India is the number one in banana production, the quantum of export of banana is negligible and accounts not even 0.1 % of the world trade. Even though India is endowed with production of different cultivars and available throughout the year, it could not enter into the world trade due to the high cost of production and high quality standards of banana fruits for export market. This necessitates development of a technology exclusively for export market with appropriate production, harvesting, packing and storage.

## 2. Protection Constraints

### 2.1. MAJOR PESTS

| Pests                                                   | Distribution                                                                    | Susceptible cultivars                                |
|---------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| 1. Corm weevil<br>( <i>Cosmopolites sordidus</i> )      | Kerala, Maharashtra Bihar, Assam, Andhra Pradesh, Arunachal Pradesh, Tamil Nadu | Nendran, Poovan, Malbhog and Thellachakkarakeli      |
| 2. Pseudostem Borer<br>( <i>Odoiporus longicollis</i> ) | Andhra Pradesh, Bihar, Assam, Karnataka, Kerala, Arunachal Pradesh, Tamil Nadu  | Nendran, Monthan, Dwarf Cavendish, Kunnan and Poovan |
| 3. Scarring Beetle<br>( <i>Besilepta subcostatum</i> )  | Bihar, Assam West Bengal                                                        | Chenichampa, Amrit sagar and Malbhog                 |
| 4. Aphids ( <i>Pentalonia nigronervosa</i> )            | Kerala, Tamil Nadu Karnataka                                                    | Hill bananas, Red Banana, Nendran and Poovan         |
| 5. Thrips ( <i>Thrips florum</i> )                      | All banana growing regions                                                      | Cavendish, Plantain, Silk and Monthan                |

### 2.2. Nematodes

| Nematodes                                                  | Distribution                                                               | Susceptible cultivars                                                 |
|------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| 1. Root- knot Nematode<br>( <i>Meloidogyne incognita</i> ) | Tamil Nadu, Assam, Bihar, Andhra Pradesh, Karnataka                        | All cultivars                                                         |
| 2. Burrowing Nematode<br>( <i>Radopholus similis</i> )     | Kerala, Bihar, Maharashtra, Andhra Pradesh, Gujarat, Karnataka, Tamil Nadu | Robusta, Nendran, Poovan, Rasthali, Pachanadan & Karpuravalli         |
| 3. Root lesion Nematode<br>( <i>Pratylenchus coffeae</i> ) | Kerala, Tamil Nadu, Andhra Pradesh, Gujarat Karnataka                      | Almost all the commercial cultivars but Nendran is highly susceptible |

|                                                               |                                                  |                                    |
|---------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|------------------------------------|
| 4. Spiral Nematode<br>( <i>Helicotylenchus multicinctus</i> ) | Kerala, Assam, Bihar,<br>Maharashtra, Tamil Nadu | Almost all commercial<br>cultivars |
| 5. Cyst Nematode<br>( <i>Heterodera oryzae</i> )              | Kerala, Karnataka,<br>Tamil Nadu, Assam          | -                                  |

## 2.3 Major Diseases

| Diseases                                  | Susceptible Cultivars                                                                                                         |
|-------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Fungus</b>                             |                                                                                                                               |
| Yellow Sigatoka                           | Cavendish, Red banana, Rasthali, Nendran, Pome types                                                                          |
| Black Sigatoka                            |                                                                                                                               |
| <i>Fusarium</i> wilt<br>(Race 1 and 2)    | Rasthali, Karpuravalli, Red banana, Pome types<br>for Race-1 and ABB cooking bananas for Race-2                               |
| <b>Bacterial</b>                          |                                                                                                                               |
| Head-rot<br>( <i>Erwinia caratovora</i> ) | Cavendish clones and Nendran (French plantains)                                                                               |
| <b>Virus</b>                              |                                                                                                                               |
| Bunchy top                                | All the clones                                                                                                                |
| Infectious chlorosis (CMV)                | Cavendish clones, Poovan (Mysore), Red banana, Pome.                                                                          |
| Banana Streak Virus (BSV)                 | Matti, Cavendish clones, Poovan, Virupakshi                                                                                   |
| Bract Mosaic Virus<br>(BBMV)              | Cavendish clones, Pisang Awak, Nendran, Monthan,<br>Pome types and Poovan, Red banana and many ABB<br>clones are susceptible. |

## 2.4. Maladies of unknown etiology

| Malady                     | Symptoms                                                                                          | Susceptible cultivars |
|----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Neervazhai                 | Immature unfilled fingers, robust plant stature                                                   | Nendran (Plantain)    |
| Kottavazhai<br>(seediness) | Fruits remain immature, dark green in colour and<br>contain conspicuous seed like enlarged ovules | Poovan (Mysore)       |

## 3. Environmental Factors

### 3.1. Problem soils

Salt accumulation causes saline and alkali soils. The higher accumulation of sodium in alkali soil causes reduced cation especially potassium uptake in root zone and also injury to roots causing leaf injury there by decreases yield.

### 3.2. Wind

Wind with high velocity causes blow downs in tropical banana plantations. At a wind velocity of more than 20 m s<sup>-1</sup>, between 50-100% of the plants can be blown down. Apart from this, regular strong winds cause leaf tearing which reduces productivity significantly. Winds between 2.5 to 5 m s<sup>-1</sup> can reduce fruit quality by enhancing leaf and dust abrasion.

### 3.3. High Temperature

The important problems encountered due to hot weather are summer leaf stress; mixed-ripe fruits and ripe fruit break down.

### 3.4. Drought

Periodical occurrence of drought leads to yield reduction, caused by a physiological reduction of assimilation. Prolonged drought produces small, stunted plants, reduced leaf emergence, choked bunches, and small bunches with shrivelled, blackened fingers.

### Post Harvest Technology

Handling damages in banana could occur during harvesting, handling, collection, transport, loading onto trucks, off-loading, handling by the wholesalers, retailers and finally by consumers. The physiological loss in weight, finger drop, impact damage due to rough handling and spoilages were the main reasons for the losses during post harvest handling of banana. About 8-9% losses were recorded at farmers' level, while 20-25% were at wholesalers and 15% at retailers level.

Losses during different stages of marketing and transportation of banana

| Stage of marketing                                                               | Transported by                             | Mode of transport and losses                                                                                  |
|----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. From field to the village market or primary wholesale market                  | Farmer or preharvest contractor<br>(1-3%). | Head loads (8-10%), bullock cart and hand cart (60-62%), camel cart (2-3%), tractors (20-25%), cycle trollies |
| 2. From village market or primary wholesale market to secondary wholesale market | Commission agents                          | Trucks (25%), lorries (30%), railway wagons (30%). bullock and hand cart (15%).                               |
| 3. Secondary wholesale to consumer                                               | Retailer or consumer                       | Head loads, bicycles, market hand carts, camel or bullock carts                                               |

### OPPORTUNITIES AND THRUST

India has a vast network of banana Research Programmes. National Research Centre for Banana, Tiruchirapalli plays an active role in banana research. In addition various SAU's working on banana research and various ICAR centers are also involved in various aspects of banana research. National Research Centre for Banana, Tiruchirapalli is actively collaborating with various National and International agencies in banana research through which mutual benefit could be obtained.

### Opportunities

#### Banana germplasm and breeding

India being one of the centers of biodiversity of banana, it is endowed with more than eight wild species and 120 distinct clones. Being the center of origin for *M. balbisiana*, which is a source of resistance for biotic and abiotic stresses, the co-evaluation of pathogen along with the genomes, could be identified in the centers of origin. Thus exploration of theses center of origin could help in identification of resistant sources for important diseases of banana.

India is the only country, where different varieties/cultivars are grown in a large area, where there could be a possibility of useful mutations/ point mutations, which could be of importance for disease resistance/ quality/ bunch characters etc. Survey of these areas for selecting superior clonal selection is essential to locate such variability existing in the nature.

Different system of cultivation is followed in India ranging from household backyard gardening, small marginal holding to large contract farming. The expertise could be useful for other countries where similar type of cultivation is practiced.

Post harvest technology and processing helps the farmers to tide over the glut situation and the technology could help in exporting bananas to distant markets due to the availability of fruits during the off season.

Considering the confusing synonyms existing in bananas and plantains, utmost priority is required for systematically documenting of banana germplasm and eliminating synonyms.

Nutritional requirement in relation to high density of planting is another aspect of research that deserves attention. More efforts would be needed for efficient water management and fertigation requirement for banana

Research on hormone-impregnated foliar nutrient sprays deserves attention as pre and post harvest application. The physiology of sex change in banana is yet to be understood clearly. The involvement of hormones in this aspect would greatly benefit in improving the grade of bunch and timing of fertilizer treatments.

## 5.2. Future Thrust

- Identification of areas of natural diversity and collection through prospection and exotic introduction. Conservation and characterization of *Musa* germplasm by *in-situ* and *ex-situ* strategies has to be developed.
- Evaluation of germplasm for their useful characters and identification of resistance sources for major biotic and abiotic stresses.
- Study on genomics and proteonomics of Indian banana
- Use of bio-technological tools for widening the genetic base of banana
- Development of production technology for export banana
- Study on the clump management and root health
- Study on organic banana production
- Efficient management of nutrients and water
- Molecular approaches for the management of major nematode pathogens in banana.
- To characterize *Fusarium* wilt pathogen isolates of different regions of India to identify the variability and preparation of VCG maps of India.
- To develop transgenic banana plants by introducing PR- proteins genes against *Fusarium* of banana.
- Molecular diagnostic kits/ tools for banana viruses identification
- Pathogen derived resistance – a molecular approach for control of viruses
- Tools to develop transgenic banana resistant to BBMV and BBTV
- Induced resistance through PGPR and other chemicals.

## VIABILIDADE EDAFOCLIMÁTICA E SOCIOECONÔMICA DA BANANEIRA PARA A REGIÃO DE BOTUCATU -SP

### AGRONOMIC CHARACTERISTICS OF BANANA ORCHARDS IN BOTUCATU-SP REGION

Erval Rafael Damatto Junior<sup>1</sup> & Sarita Leonel<sup>2</sup>

#### RESUMO

No Brasil, a banana apresenta ampla distribuição por todo território, sendo cultivada em todos os Estados, desde a faixa litorânea até os planaltos do interior, em altitudes que variam de zero a mais de 1000 metros. Mesmo não apresentando as condições climáticas mais favoráveis para o cultivo da bananeira, em Botucatu-SP, a cultura vem apresentando excelentes resultados em termos de produção, precocidade e qualidade de frutos. Recentemente alguns trabalhos vêm sendo desenvolvidos no município e em suas proximidades, estudando desde a adaptação de cultivares para a região, bem como técnicas de manejo da cultura, em especial adubação. Assim sendo, devido às modificações climáticas globais e regionais aliadas às novas técnicas de manejo da cultura, como irrigação, adubações parceladas, fertirrigação e emprego de mudas micropropagadas, o município de Botucatu se torna uma nova opção para o cultivo da bananeira. Os resultados de produtividade encontrados nos trabalhos desenvolvidos evidenciam que esta se encontra bastante superior à média nacional, mostrando que o cultivo em Botucatu apresenta uma opção de diversificação de cultura para o pequeno produtor.

Palavras chave: *Musa* sp., banana, clima, solo, produção.

#### SUMMARY

In Brazil, bananas production is distributed in all the national territory; it's cultivated in all Brazilian States, including the coast areas and the interior areas, in altitudes of zero to 1000 meters. Botucatu-SP doesn't show the best climatic conditions to banana production, even so good production results were observed, obtaining fruits with good quality. Recently, some experiments with banana are being conducted in the city and in its region. In these experiments it's being studied bananas adaptation to the city conditions and management techniques to the culture, like fertilization. The global and regional climatic modifications combined to the new management techniques (irrigation, fragmenting fertilization, ferti irrigation and use of micro propagated material) give to Botucatu a new option to banana production. The productivity results found in the experiments carried out in Botucatu were bigger than the ones found in other Brazilian regions, this way, bananas production in Botucatu became a new option to the small farmers.

Keywords: *Musa* sp., banana, climate, soil, production

#### INTRODUÇÃO

A bananicultura tem evoluído consideravelmente nas últimas três décadas, por ser um dos cultivos perenes de mais rápido retorno do capital investido, apresentando um fluxo contínuo de produção a partir do primeiro ano, o que a torna muito atraente para os agricultores.

A banana é uma das frutas mais consumidas no mundo, sendo explorada na maioria dos países tropicais. A produção mundial atingiu 70,6 milhões de toneladas em 2004, destacando-se o Brasil como segundo país produtor, com uma produção de 6,6 milhões de toneladas e, também como maior consumidor, sendo responsável por aproximadamente 10% desse total (Agrianual, 2006). Embora o Brasil seja um grande produtor de banana, semelhantemente às outras frutas, apresenta pouca participação no mercado internacional, sendo uma das principais razões o enorme mercado interno

<sup>1</sup> Eng. Agr. Doutorando da Faculdade de Ciências Agrônomicas - UNESP, Botucatu, São Paulo, Brasil. E-mail: [ervaljr@fca.unesp.br](mailto:ervaljr@fca.unesp.br). Bolsista Fapesp.

<sup>2</sup> Prof. Dr. do Departamento. de Produção Vegetal - Faculdade de Ciências Agrônomicas - UNESP, Botucatu, São Paulo, Brasil. E-mail: [sarinel@fca.unesp.br](mailto:sarinel@fca.unesp.br).



aliado aos preços competitivos aqui praticados, também a baixa qualidade dos frutos aqui produzidos acaba por dificultar a penetração no exigente mercado internacional (Agrianual, 2001).

A banana é considerada a fruta tropical de maior importância para o país, uma vez que mobiliza grande contingente de mão-de-obra, permite um retorno rápido ao produtor e movimenta uma apreciável gama de insumos, além de ser a fruta tropical de maior consumo (aproximadamente 20 kg/hab./ano). Além disso, a bananeira se adapta bem a áreas úmidas e úmidas (Afonso Neto, 1986).

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a viabilidade edafoclimática e socioeconômica do cultivo da bananeira na região de Botucatu-SP.

### **DISTRIBUIÇÃO DA BANANICULTURA NO BRASIL**

No Brasil, a banana apresenta ampla distribuição por todo território, sendo cultivada em todos os Estados, desde a faixa litorânea até os planaltos do interior, em altitudes que variam de zero a mais de 1000 metros (Alves, 1999), sendo a área cultivada superior a 500 mil hectares (FAO, 2005).

O Estado de São Paulo, considerando-se a safra de 2004, participa com pouco mais de 16% da produção total do país, numa área ao redor de 53 mil hectares, com uma produtividade média de 21 t/ha (Agrianual, 2006), sendo que historicamente, a tradicional região produtora de bananas do Litoral Paulista é responsável por aproximadamente 95% da produção do Estado. No entanto, tem-se observado o crescente interesse dessa cultura por produtores do Planalto Paulista e de outras regiões não tradicionais em seu cultivo, como forma de diversificação de atividades.

### **CONDIÇÕES PARA O DESENVOLVIMENTO DA CULTURA**

Os fatores que influenciam no crescimento e produção das bananeiras classificam-se em fatores internos e externos. Os fatores internos estão relacionados com as características genéticas da variedade utilizada, enquanto os fatores externos se referem às condições edáficas (solo), ambientais (clima), agentes bióticos (pragas e doenças) e à ação do homem interferindo nos fatores edáficos, climáticos e bióticos.

No Brasil, a maioria das microrregiões homogêneas produtoras de banana se enquadra nos limites de 18 a 35°C, estes são níveis de temperatura essencialmente tropicais, porém há cultivos em microrregiões homogêneas subtropicais dos estados de São Paulo, Paraná, Santa Catarina, Rio Grande do Sul e Mato Grosso do Sul, onde os cultivares Branca e Enxerto, com melhor tolerância ao frio, são mais utilizados (Stover & Simmonds, 1987; Moreira, 1987; ITAL, 1990; Alves, 1990; Alves, 1992).

Em todo território brasileiro encontram-se condições edáficas favoráveis ao cultivo da bananeira. Contudo, nem sempre são utilizados os solos mais adequados, o que se reflete em baixa produtividade e má qualidade dos frutos. Na maioria das vezes, o desconhecimento do solo, e sobretudo, da exigência nutricional da planta leva à prática de adubação inadequada que afetará de forma significativa o desenvolvimento e a produtividade da bananeira (Borges et al., 1999).

### **CONDIÇÕES EDAFOCLIMÁTICAS DE BOTUCATU E SUA APTIDÃO PARA O CULTIVO DE BANANEIRA**

O município de Botucatu-SP apresenta as seguintes coordenadas geográficas: Latitude 22° 52' 55" Sul, Longitude 48° 26' 22" Oeste e altitude 786 m, com clima temperado quente (mesotérmico) com chuvas no verão e seca no inverno (Cwa - Koppen), e a temperatura média mais quente superior a 22°C (Cunha et al., 1999).

Na Tabela 1 é possível identificar uma tendência de modificação nas características climáticas do município, a exemplo do que vem ocorrendo com o clima global, sendo que na análise dos últimos seis anos foi observada a ocorrência de elevações nas temperaturas mínima absoluta e mínima média no mês de julho, que é considerado o mês mais frio do ano, onde o desenvolvimento das bananeiras praticamente é paralisado.

Essa elevação, mesmo que pequena, ao longo dos anos pode modificar a aptidão do município com relação a viabilidade do cultivo de bananeiras, uma vez que estas temperaturas mínimas estão muito próximas do que é citado na literatura como temperatura mínima para o bom desenvolvimento desta cultura.

Além disso, as geadas, que é um grande empecilho ao cultivo da bananeira não têm ocorrido de forma frequente e drástica, como ocorria nas décadas passadas. E a somatória desses dois fatores aliados às novas tecnologias empregados no cultivo (irrigação, fertirrigação, parcelamentos das adubações, dentre outras) tornam o município com condições mais favoráveis ao cultivo da bananeira.

Tabela 01: Resenha climática do município de Botucatu-SP no período de 01/01/2001 até 01/04/2006.

| Período<br>(Mês)   | T. Máx.<br>Absoluta | T. Mín.<br>Absoluta | T. Máx.<br>Mensal<br>( °C) | T. Mín.<br>Mensal | Temperatura<br>Média | Precipitação<br>(mm) |
|--------------------|---------------------|---------------------|----------------------------|-------------------|----------------------|----------------------|
| <b>Ano de 2001</b> |                     |                     |                            |                   |                      |                      |
| janeiro            | 32,2                | 16,6                | 29,4                       | 19,8              | 24,6                 | 325,2                |
| fevereiro          | 31,6                | 18,8                | 29,1                       | 20,4              | 24,7                 | 293                  |
| março              | 32                  | 17                  | 29,1                       | 19,6              | 24,4                 | 161,3                |
| abril              | 31,6                | 15,8                | 28,5                       | 18,5              | 23,5                 | 24,9                 |
| Mai                | 30,6                | 10                  | 23,1                       | 15,4              | 19,3                 | 91                   |
| Junho              | 27,6                | 4                   | 22,1                       | 13,3              | 17,7                 | 56,9                 |
| Julho              | 28,8                | 5                   | 23,7                       | 12,8              | 18,3                 | 40                   |
| agosto             | 29,4                | 10,2                | 25,5                       | 14,1              | 19,8                 | 53,8                 |
| setembro           | 32,6                | 7,8                 | 25,7                       | 15                | 20,4                 | 87,5                 |
| outubro            | 32,6                | 13,6                | 27,5                       | 16,3              | 21,9                 | 142,4                |
| novembro           | 33                  | 13,8                | 28,5                       | 18                | 23,3                 | 132,2                |
| dezembro           | 32,4                | 12,8                | 27,3                       | 17,8              | 22,6                 | 223,1                |
| <b>Ano de 2002</b> |                     |                     |                            |                   |                      |                      |
| janeiro            | 31                  | 14,2                | 27,6                       | 18,7              | 23,2                 | 271,3                |
| fevereiro          | 32,5                | 15                  | 27,6                       | 18,7              | 23,2                 | 220,2                |
| março              | 34,6                | 15,4                | 30,3                       | 19,5              | 24,9                 | 189,3                |
| abril              | 33,2                | 13,8                | 30                         | 17,9              | 24                   | 14,8                 |
| Mai                | 28,6                | 7,6                 | 24,6                       | 14,8              | 19,7                 | 102,5                |
| Junho              | 28,8                | 10                  | 25,7                       | 14,4              | 20                   | 0                    |
| Julho              | 29                  | 7                   | 22,5                       | 12,8              | 17,7                 | 40,7                 |
| agosto             | 31                  | 11                  | 26,9                       | 14,9              | 20,9                 | 76,4                 |
| setembro           | 31,6                | 5                   | 25,3                       | 13,9              | 19,6                 | 65,1                 |
| outubro            | 35,8                | 12,2                | 31,3                       | 18,7              | 25                   | 53,5                 |
| novembro           | 33,8                | 12,8                | 28,5                       | 17,9              | 23,2                 | 159,5                |
| dezembro           | 33,4                | 15,8                | 29,6                       | 18,9              | 24,3                 | 187,5                |
| <b>Ano de 2003</b> |                     |                     |                            |                   |                      |                      |
| janeiro            | 32,6                | 16,8                | 27,5                       | 19,6              | 23,5                 | 433,9                |
| fevereiro          | 34                  | 18                  | 30                         | 20,3              | 25,1                 | 127,6                |
| março              | 34                  | 15,2                | 28,8                       | 19                | 23,9                 | 181,6                |
| abril              | 29,8                | 12                  | 26,6                       | 17,2              | 21,9                 | 141,3                |
| Mai                | 29,4                | 7,6                 | 23,3                       | 13,4              | 18,4                 | 52,9                 |
| Junho              | 28,2                | 8                   | 25,3                       | 14,2              | 19,8                 | 23,7                 |
| Julho              | 28,6                | 6,8                 | 24,4                       | 13                | 18,7                 | 15                   |
| agosto             | 30,6                | 5                   | 24                         | 11,6              | 17,8                 | 34,9                 |
| setembro           | 33,8                | 7                   | 26,6                       | 14,1              | 20,3                 | 14,9                 |
| outubro            | 34                  | 13,2                | 27,7                       | 18,6              | 23,2                 | 149,1                |
| novembro           | 33,6                | 16,6                | 26,9                       | 19,2              | 23,1                 | 179,7                |
| dezembro           | 33,2                | 16                  | 28,2                       | 18,9              | 23,6                 | 164,2                |
| <b>Ano de 2004</b> |                     |                     |                            |                   |                      |                      |
| janeiro            | 30,8                | 15,8                | 26,5                       | 18,4              | 22,4                 | 308,5                |
| fevereiro          | 31,2                | 15                  | 27,8                       | 18,3              | 23,1                 | 161,6                |
| março              | 30,6                | 14                  | 27                         | 17,6              | 22,4                 | 122,3                |
| abril              | 30                  | 13,2                | 25,9                       | 17,9              | 21,9                 | 114                  |
| Mai                | 29                  | 7                   | 22                         | 13,8              | 17,9                 | 133,9                |
| Junho              | 25                  | 6,4                 | 21,8                       | 13,3              | 17,5                 | 28,8                 |

|                    |      |      |      |      |      |       |
|--------------------|------|------|------|------|------|-------|
| Julho              | 26,2 | 8,4  | 21   | 12,7 | 16,8 | 104,3 |
| agosto             | 30,4 | 6,2  | 25   | 13,2 | 19,1 | 0     |
| setembro           | 35,7 | 13,6 | 29,9 | 17   | 23,5 | 6,2   |
| outubro            | 32,2 | 9    | 25,3 | 15,5 | 20,4 | 108,5 |
| novembro           | 32,6 | 13   | 27,1 | 17   | 22,1 | 83    |
| dezembro           | 32,2 | 14,2 | 27,7 | 17,7 | 22,7 | 157,9 |
| <b>Ano de 2005</b> |      |      |      |      |      |       |
| janeiro            | 31   | 16   | 26,8 | 19,4 | 23,1 | 414,9 |
| fevereiro          | 33,4 | 15   | 29,1 | 18,2 | 23,7 | 60,6  |
| março              | 33   | 16   | 28   | 19,1 | 23,5 | 114,1 |
| abril              | 32   | 13,2 | 27,7 | 18,7 | 23,2 | 78,7  |
| Mai                | 29,4 | 12,2 | 24,9 | 15,7 | 20,3 | 120,8 |
| Junho              | 26,6 | 10,6 | 23,5 | 14,7 | 19,1 | 51,2  |
| Julho              | 27,2 | 7,8  | 22,6 | 13,3 | 18   | 17,9  |
| agosto             | 32,2 | 6,4  | 26,3 | 14,4 | 20,3 | 24,2  |
| setembro           | 30,2 | 10,2 | 24,5 | 14,2 | 19,4 | 35,1  |
| outubro            | 33,2 | 13,6 | 27,4 | 17,5 | 22,5 | 183,5 |
| novembro           | 32   | 13,2 | 27,5 | 16,8 | 22,2 | 63,8  |
| dezembro           | 30,6 | 14   | 27,1 | 17,3 | 22,2 | 198   |
| <b>Ano de 2006</b> |      |      |      |      |      |       |
| Janeiro            | 33,2 | 17   | 28,6 | 19,5 | 24,1 | 177   |
| fevereiro          | 32   | 16,6 | 28,1 | 19,2 | 23,6 | 262,7 |
| março              | 32,2 | 16,4 | 28,2 | 19,2 | 23,7 | 213,4 |
| abril              | 29   | 11   | 26   | 16   | 21   | 60,9  |

Fonte: CIIAGRO ONLINE (maio/2006).

Em Botucatu, há variabilidade nos tipos de solo, variando desde texturas mais arenosas até texturas mais argilosas, contudo a maior parte dos estudos com bananeira foram realizados em solos com textura argilosa (como terra roxa estruturada - unidade lageado, álico, textura argilosa, atualmente Nitossolo Vermelho), mas também outros trabalhos foram desenvolvidos em outros tipos de solo, como no município de São Manuel-SP (distante 22 km de Botucatu), onde o solo que predomina é o Latossolo Vermelho distrófico.

Mesmo um pouco fora das condições climáticas mais favoráveis para o cultivo da bananeira, no município, a cultura vem apresentando excelentes resultados em termos de produção, precocidade e qualidade de frutos, uma vez que com o uso da irrigação, se tem conseguido encurtar o ciclo da cultura para 13 a 18 meses, alcançando altas produtividades (Fujita et al., 2002; Guenca et al., 2002; Gomes, 2004; Leonel et al., 2004; Damatto Junior, 2005; Scandelai et al., 2006).

## RESULTADOS DE TRABALHOS DESENVOLVIDOS NAS CONDIÇÕES DE BOTUCATU-SP

### 1. Crescimento e desenvolvimento de plantas

Mobricci et al. (2004) avaliaram o desenvolvimento vegetativo (altura e diâmetro) de dois cultivares de bananeira ('Nanicão' e 'Grand Naine') em São Manuel-SP, com a aplicação de biofósforo, estercos e adubação química, no plantio e em cobertura. Observou-se que o uso do biofósforo mostrou-se satisfatório, acompanhando de perto os demais tratamentos, contudo o cultivar Nanicão (altura média de 1,73 m e diâmetro de 16,24 cm) expressou melhor resposta à aplicação de biofósforo aos 12 meses de idade, quando comparado ao cultivar Grande Naine (altura média de 1,69 m e diâmetro de 16,01 cm).

Também em São Manuel-SP (município vizinho a Botucatu), Scandelai et al. (2006) avaliaram o desempenho agrônomo de dois cultivares de bananeira microporados ('Prata-anã' e 'Maçã'), onde verificaram que a bananeira 'Prata-anã' apresentou maior diâmetro do pseudocaule e altura de plantas.

Damatto Junior (2005), trabalhando com bananeira 'Prata-anã' adubada com doses de composto orgânico no município de Botucatu-SP encontrou altura média de plantas de 2,65 m e a circunferência do pseudocaule a 30cm do solo de 75,84 cm, no momento do florescimento.

Resultados semelhantes foram relatados por Gomes (2004) com o mesmo cultivar ('Prata-anã') adubado com doses crescentes de K via fertirrigação, onde observou médias para altura de plantas de 2,41 m e da circunferência do pseudocaule 70,2 cm.

Damatto Junior et al. (2006) num 2º ciclo de cultivo da bananeira 'Prata-anã', onde avaliaram o efeito residual de composto orgânico, não detectaram diferenças em características de crescimento nesta safra, sendo que tanto a altura de plantas (3,46m) como a circunferência do pseudocaule a 30cm do solo (95,6cm) foram maiores neste ciclo quando comparado ao anterior.

Guenca et al. (2002), empregando o cultivar Grand Naine em Botucatu-SP, verificaram incrementos crescentes em altura média de plantas, diâmetro médio do pseudocaule e no número médio de folhas durante o ciclo vegetativo, inferindo que este cultivar se encontra bem adaptada às condições edafoclimáticas do município. Fujita et al. (2002), avaliando o cultivar Nanicao nas mesmas condições, também observaram incrementos progressivos durante o desenvolvimento das plantas em altura média e no diâmetro médio do pseudocaule. Estes pesquisadores também observaram aumento no número médio de folhas até os 240 dias após o plantio, havendo um decréscimo aos 270 dias devido a ocorrência de fatores climáticos adversos à cultura nesse período.

O número de folhas emitidas, característica que reflete diretamente na produção é um parâmetro muito importante a ser avaliado, assim sendo em muitos trabalhos é avaliado normalmente, no momento do florescimento. Damatto Junior (2005) verificou no primeiro ciclo de produção da bananeira 'Prata-anã' cultivada em Botucatu-SP uma média de 17,4 folhas por planta, número esse inferior ao relatado por Gomes (2004), que trabalhando com o mesmo cultivar e em condições semelhantes, encontrou em média 21 folhas por planta. Considerando a produtividade de 26,7 t/ha obtida por Damatto Junior (2005), as 17 folhas parecem ter sido suficientes para se conseguir uma produção satisfatória.

Damatto Junior et al. (2006) encontraram número de folhas bastante inferior no 2º ciclo (10,3 folhas por planta) em detrimento ao 1º ciclo (17,4 folhas por planta), contudo com produtividade superior (1ª safra: 26,2 t/ha e 27,3 t/ha na 2ª safra), creditando essa elevação da produtividade ao acúmulo de nutrientes nas plantas da família.

## 2. Ciclo da cultura

Estudando o comportamento dos cultivares Prata-anã, Maçã e Nanicao em Botucatu-SP, Leonel et al. (2004) observaram que o ciclo cultural variou para cada cultivar, onde o cultivar Nanicao foi o mais precoce, com 416 dias, enquanto que o 'Maçã' foi o mais tardio (437 dias) e o 'Prata-anã' apresentou ciclo de 434 dias.

Comparando dois cultivares de bananeira ('Prata Zulu' e 'Prata-anã') Damatto Junior et al. (2005) não observaram diferença quanto à duração do ciclo na primeira safra, apresentando como média geral 496 dias do plantio à colheita. Mesmo não havendo diferença no ciclo de produção, encontrou-se diferença significativa no período do plantio ao florescimento entre os cultivares estudados, onde o 'Prata Zulu' demorou mais para florescer (349 dias) quando comparado com o 'Prata-anã' (327 dias), porém apresentou um ciclo vegetativo mais curto que o relatado na literatura, que é de 401 dias, nas condições Amazônicas (CNPTIA-Embrapa, 2004). O período entre o florescimento e a colheita foi menor para o cultivar Prata Zulu, com 149 dias, em comparação com 166 dias do 'Prata-anã'. Essa diferença possivelmente foi causada pela época do florescimento, pois o 'Prata-anã' floresceu em setembro e outubro, enquanto que o 'Prata Zulu' floresceu em outubro e novembro, que é um período mais quente, o que pode ter favorecido o desenvolvimento do cacho do cv. Prata Zulu mais rapidamente.

Scandelai et al. (2006), num experimento realizado nas proximidades de Botucatu-SP, determinaram o número de dias do plantio até a colheita do primeiro cacho de 574 dias para a bananeira 'Prata-anã' e 567 dias para a 'Maçã', valores esse superiores aos relatados por outros autores que trabalharam com cultivares semelhantes.

Com relação à duração do ciclo da cultura, bem como o período do plantio ao florescimento e o período entre o florescimento e colheita, Damatto Junior (2005) observou que doses de composto orgânico não influenciaram esses ciclos da bananeira 'Prata-anã', apresentando como médias 484; 317 e 167 dias, respectivamente, resultados estes que diferem dos encontrados por Gomes (2004), que relata ter produzido em 386 dias, sendo o período entre o plantio e o florescimento de 263 dias e o período do florescimento à colheita de 123 dias.

Damatto Junior et al. (2006), no 2º ciclo da bananeira 'Prata-anã' observaram um período médio entre o florescimento e a colheita de 188 dias, sendo este menor que o encontrado no primeiro ciclo, que foi de 267 dias. Esse encurtamento no ciclo das plantas pode ter sido influenciado por fatores, como clima e também de acordo com o manejo empregado na cultura (condução das plantas,

práticas culturais, uso de irrigação e nutrição). Rodrigues et al. (2001) empregando o mesmo cultivar em Jaíba-MG observaram que o período entre o florescimento e a colheita foi de 126 dias, porém as condições climáticas do norte de Minas favorecem um ciclo mais curto para a bananeira, quando comparadas às condições climáticas de Botucatu-SP. As diferenças observadas por esses autores e também neste trabalho, na duração dos ciclos, podem ser explicadas devido ao clima, uma vez que a cultura é extremamente sensível às baixas temperaturas, paralisando seu crescimento com temperaturas inferiores a 13°C. Silva et al. (2000) relatam que a temperatura e mudas mais altas proporcionam menor tempo do florescimento até a colheita.

Trabalhando com bananeira 'Prata-anã', em Jaboticabal, Guerra (2001) não observou influência da fertilização nitrogenada e potássica via fertirrigação no número de dias entre o plantio e o florescimento e do plantio à colheita dos frutos, creditando esse fato ser causado possivelmente pelas temperaturas locais e também ao tipo e idade da muda. Os dados médios encontrados pelo autor foram de 454 dias do plantio à colheita e de 325 dias entre o plantio e o florescimento.

### 3. Aspectos produtivos

Os parâmetros de produção normalmente avaliados no momento da colheita para bananeira são peso do cacho, número de frutos por cacho, número de pencas por cacho, peso da 2ª penca e número de frutos na 2ª penca, e com estes dados é possível fazer comparações e aferições da viabilidade da cultura.

Avaliando a segunda safra da bananeira 'Prata-anã' em Botucatu-SP, Damatto Junior et al. (2006) encontraram peso de cacho de 17,06 kg, resultado esse superior aos encontrados pelo mesmo autor no ciclo anterior (16,40 kg) e também superior aos encontrados por outros autores, como Rodrigues et al. (2001), Pereira et al. (2001), Gomes (2004), que encontraram peso médio de cacho de 12,49 kg; 11,10 kg; 10,45 kg, respectivamente, no primeiro ciclo.

Damatto Junior et al. (2005) em outro trabalho, nas mesmas condições, verificaram que a bananeira 'Prata Zulu' apresentou cachos com peso muito superior (33,97 kg) a 'Prata Anã' (17,70 kg) e também superior aos dados relatados para este cultivar, que é de 20 a 25 kg por cacho (CNPTIA-Embrapa, 2004).

Trabalhando com bananeira 'Prata-anã', Damatto Junior (2005) verificou na primeira colheita que o número de frutos por cacho, o número de pencas por cacho e o número de frutos na 2ª penca apresentaram como médias 123 frutos, 9,1 pencas e 15,8 frutos, respectivamente. Rodrigues et al. (2002) obteve 8,6 pencas, para o mesmo cultivar em Jaíba-MG, valor este um pouco abaixo dos encontrados por Damatto Junior et al. (2006) no segundo ciclo (8,58 pencas por cacho). Rodrigues (2002) também determinou o peso médio da segunda penca de 1,73 kg, valor este próximo aos encontrados por Damatto Junior et al. (2006) que foi de 1,74 kg.

Comparando dois cultivares de bananeira, Damatto Junior et al. (2005) detectaram que o número de frutos por cacho apresentou diferença entre os cultivares, onde o 'Prata Zulu' produziu em média 215 frutos por cacho e o 'Prata-anã' apresentou 126 frutos. O 'Prata Anã' produziu menor número de pencas por cacho (9,2 pencas), quando comparado com o 'Prata Zulu' (14 pencas). Na segunda penca, o número de frutos foi maior no 'Prata Zulu' (17 frutos) quando comparado ao 'Prata Anã' (15 frutos), bem como o peso da segunda penca foi superior para o 'Prata Zulu'.

Leonel et al. (2004) comparando 3 cultivares de bananeira em Botucatu-SP verificaram que o cultivar Nanicão apresentou maior peso de cacho (19,06 kg), conseqüentemente uma maior produtividade (30,6 t/ha), enquanto que o cultivar Maçã apresentou os cachos com menor peso (8,93 kg), com produtividade de 14,4 t/ha. Já as plantas do cultivar Prata-anã mostraram resultados intermediários, com cachos pesando 12,20 kg e produtividade média de 19,5 t/ha.

Com os dados médios de peso de cacho e a densidade de 1600 plantas/ha, Damatto Junior et al. (2006) determinaram a produtividade média de 27,3 t/ha numa segunda safra, contudo no ciclo anterior, a produtividade foi menor (26,2 t/ha), mesmo assim nas duas safras, os resultados encontrados foram superiores aos de Gomes (2004), nas mesmas condições experimentais (23,5 t/ha) e muito superior à média do país, que foi de 12,2 t/ha no ano de 2003 (FAO, 2005).

No estudo sobre o comportamento e produção de dois cultivares de bananeira, Damatto Junior et al. (2005) obtiveram para a bananeira 'Prata Zulu' o dobro da produtividade (54,6 t/ha) em comparação à 'Prata-anã' (28,3 t/ha). A produtividade média para o primeiro ciclo de produção é de 33 t/ha (CNPTIA-Embrapa, 2004) para o cultivar Prata Zulu e 30 a 35 t/ha para a 'Prata-anã' (Silva et al., 1999).



## CONCLUSÕES

1 – As modificações climáticas globais e regionais aliadas às novas técnicas de manejo da cultura, como irrigação, adubações parceladas, fertirrigação e emprego de mudas micropropagadas, torna o município de Botucatu uma nova opção para o cultivo da bananeira.

2 – Os resultados de produtividade encontrados nos trabalhos desenvolvidos no município (em média 24,1 t/ha, para o cultivar Prata-anã; 30,6 t/ha, para o 'Nanicão'; 54,6 t/ha, para o 'Prata Zulu' e 14,4 para o 'Maçã') evidenciam que esta se encontra bastante superior à média nacional (12,2 t/ha), mostrando que o cultivo em Botucatu apresenta uma opção de diversificação de cultura para o pequeno produtor.

## BIBLIOGRAFIA

1. AGRIANUAL (2006). Anuário Estatístico da Agricultura Brasileira. São Paulo: FNP Consultoria & Comércio, 504 p.
2. AGRIANUAL (2001). Anuário Estatístico da Agricultura Brasileira. São Paulo: FNP Consultoria & Comércio, 492p.
3. ALVES, E.J. (1999). A cultura da banana: aspectos técnicos, socioeconômicos e agroindustriais. 2ed., rev. Brasília: Embrapa-SPI / Cruz das Almas: Embrapa-CNPMP, 585p.
4. BORGES, A.L.; OLIVEIRA, A.M.G. (2000). Nutrição Calagem e Adubação. In: CORDEIRO, Z.J.M. Banana. Produção: aspectos técnicos. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, p.47-59. (Frutas do Brasil; 1).
5. BORGES, A.L., OLIVEIRA, A.M.G., SOUZA, L.da S. (1999). Solos, nutrição e adubação. In: ALVES, E.J. A cultura da banana – aspectos técnicos socioeconômicos e agroindustriais. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1999. p. 197-260.
6. CIIAGRO ONLINE (2006). Disponível em: <<http://ciiagro.iac.sp.gov.br>>. Acesso em 15 maio 2006.
7. CNPTIA-EMBRAPA. Sistemas de produção (2004). Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Banana/BananaAmazonas/cultivares.htm>>. Acesso em 13 julho 2004.
8. CORDEIRO, Z.J.M. (2000). Introdução. In: Banana. Produção: aspectos técnicos. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, p.9. (Frutas do Brasil; 1).
9. CUNHA, A.R.; KLOSOWSKI, E.S.; GALVANI, E.; SCOBEDO, J.F.; MARTINS, D. (1999). Classificação climática para o município de Botucatu-SP, segundo Koppen. In: SIMPÓSIO EM ENERGIA NA AGRICULTURA, 1., 1999, Botucatu. Anais... Botucatu: Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, p.487-491.
10. DAMATTO JUNIOR, E.R. (2005). Efeitos da adubação com composto orgânico na fertilidade do solo, desenvolvimento, produção e qualidade de frutos de bananeira 'Prata-anã' (Musa AAB). 2005. 70f. Dissertação (Mestrado em Agronomia / Energia na Agricultura). Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.
11. DAMATTO JUNIOR, E.R.; CAMPOS, A.J. DE; MANOEL, L.; MOREIRA, G.C.; LEONEL, S.; EVANGELISTA, R.M. (2005). Produção e caracterização de frutos de bananeira 'Prata anã' e 'Prata Zulu'. Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal, v.27, n.3, p.440-443.
12. DAMATTO JUNIOR, E.R.; VILLAS BÔAS, R.L.; LEONEL, S. (2006). Efeito residual de composto orgânico na segunda safra de bananeiras 'Prata-anã'. In: REUNIÃO INTERNACIONAL DA ACORBAT, 17., 2006, Joinville. Anais... Joinville: Associação para a Cooperação nas Pesquisas sobre Banana no Caribe e na América Tropical. (no prelo)
13. FAO (2005). FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/faostat>>. Acesso em: 16 novembro 2005.
14. FUJITA, E., GUENCA, M. A., LEONEL, S. (2002). Adaptação edafoclimática da bananeira 'Nanicão' (Musa sp) em Botucatu-SP. In: REUNIÃO CIENTÍFICA EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS DO LAGEADO, 9., 2002, Botucatu. Anais... Botucatu: Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista.
15. GOMES, E.M. (2004). Crescimento e produção de bananeiras 'Prata-anã' e 'Maçã' fertirrigadas com potássio. 2004. 76f. Tese (Doutorado em Agronomia / Irrigação e Drenagem). Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.
16. GUENCA, M.A., FUJITA, E., LEONEL, S. (2002). Avaliação do comportamento fenológico da bananeira Grand Naine, em Botucatu-SP. In: REUNIÃO CIENTÍFICA EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS DO LAGEADO, 9., 2002, Botucatu. Anais... Botucatu: Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista.
17. GUERRA, A.G. (2001). Fertirrigação com nitrogênio e potássio utilizando sistema de irrigação por microaspersão na cultura da bananeira 'Prata-anã'. 2001. 69f. Tese (Doutorado em Agronomia / Produção Vegetal). Faculdade de Ciências Agrária e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.
18. JONES JR., J.B.; WOLF, B.; MILLS, H.A. (1991). Plant analyses handbook: a practical sampling, preparation, analyses and interpretation guide. Athens (USA): Micro-Macro Publishing, 213p.
19. LEONEL, S.; GOMES, E.M.; PEDROSO, C.J. (2004). Desempenho agrônomico de bananeiras micropropagadas em Botucatu-SP. Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal, v.26, n.2, p.245-248.

20. MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. de. (1997). Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2.ed., ver. e atual. Piracicaba: Potafos, 319p.
21. MALBURG, J.L.; CARVALHO, J.G.; VALE, F.R.; GUEDES, G.A.A.; ANJOS, J.T. (1992). Amostragem foliar para a diagnose nutricional de zinco na bananeira 'Enxerto' ('Prata-anã') em Santa Catarina. Revista Brasileira de Fruticultura, v. 14, n. 1, p. 21-26.
22. MARTIN-PRÉVEL, P. (1984). Bananier. In: MARTIN-PRÉVEL, P., GAGNARD, J., GAUTIER, P. (Eds.) L'analyse végétale dans le contrôle de l'atation des plantes tempérées et tropicales. Paris: Tec & Doc. p. 715-751.
23. MOBRICCI, C.A. de N.; ROMEIRO, J.C.T.; BARBOSA, R.D.; GRASSI FILHO, H.; SOUZA, F.C. de; TONIN, F.B. (2004). Avaliação da altura e diâmetro do pseudocaule de bananeiras cultivares Nanicão e Grand Naine em função da aplicação de biossólido no plantio e em cobertura. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 28., 2004, Florianópolis. Anais... Florianópolis: Sociedade Brasileira de Fruticultura.
24. PEREIRA, L.V.; SILVA, C.R. de R. e; ALVARENGA, A.A. (2001). Influencia do tipo de muda no comportamento vegetativo e produtivo de bananeira cv. Prata-anã. Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal, v.23, n.1, p.164-167.
25. PREZOTTI, L.C. (1992). Recomendação de calagem e adubação para o Estado do Espírito Santo: 3ª aproximação. Vitória:EMCAPA, 73p. (Circular Técnica, 12).
26. RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. (Ed). (1997). Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. 2.ed. rev. e atual. Campinas: Instituto Agrônomo/Fundação IAC, 285p. (Boletim Técnico 100).
27. ROBINSON, J.B. (1986). Fruits, Vines e Nuts. In: REUTER, D.J.; ROBINSON, J.B. (Ed). Plant analyses: an interpretation manual. Melbourne: Inkata Press, p.120-147.
28. RODRIGUES, M.G.V.; SOUTO, R.F.; MENEGUCCI, J.L.P. (2002). Efeito da poda da ultima penca do cacho na bananeira 'Prata-anã' irrigada, na produção de frutos no norte de Minas Gerais. Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal, v.24, n.1, p.108-110.
29. SCANDELA, L.H.M.; LEONEL, S.; APPONI, L.M. (2006). Agronomic characteristics of 'Prata-anã' and 'Maçã' bananas micropropagated. Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal, v.28, n.1, p.148-150.
30. SILVA, S. de O. e; ALVES, E. J.; SHEPHERD, K.; DANTAS, J. L. L. (1999). Cultivares. In: ALVES, E.J. A cultura da banana: aspectos técnicos, socioeconômicos e agroindustriais. 2ed., rev. Brasília: Embrapa-SPI / Cruz das Almas: Embrapa-CNPMPF, p.85-106.
31. SILVA, S. de O.; ROCHA, S.A.; ALVES, E.J.; CREDICO, M.D.; PASSOS, A.R. (2000). Caracterização morfológica e avaliação decultivares e híbridos de bananeira. Revista Brasileira de Fruticultura, Cruz das Almas, v.22, n.2, p. 161-169.
32. TEIXEIRA, L.A.J. (2000). Adubação nitrogenada e potássica em bananeira 'Nanicão' (*Musa* AAA subgrupo Cavendish) sob duas condições de irrigação. 2000. 130f. Tese (Doutorado em Agronomia / Produção Vegetal). Faculdade Ciências Agrária e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

## ÍNDICE DE AUTORES / AUTHOR INDEX / ÍNDICE DE AUTORES

| <b>A</b>                |               | <b>Página/page/página</b> |                          |               |  |
|-------------------------|---------------|---------------------------|--------------------------|---------------|--|
| Abadie, C. ,            | 122           |                           | Belezaca Pinargote, C.,  | 674           |  |
| Abreu, J.G. de,         | 323, 553      |                           | Bellicanta, G.S.,        | 624           |  |
| Abreu-Antunez, E. ,     | 702           |                           | Belloso, M.,             | 304           |  |
| Achade, C.,             | 392           |                           | Ben Shalom, H.,          | 190           |  |
| Achard, R.,             | 634           |                           | Beovides García, Y.,     | 446, 513      |  |
| Acina, I.,              | 774           |                           | Bernardes, T.,           | 356, 357      |  |
| Acosta, M.,             | 392           |                           | Bernardes, T.G.,         | 402, 404      |  |
| Acuña, O.,              | 198, 222, 234 |                           | Bispo, A.S.da R.,        | 849           |  |
| Aguilar, R.,            | 356           |                           | Bispo, L.D.,             | 368           |  |
| Aguilar, R.A.,          | 404           |                           | Blanco, G.,              | 565, 677, 718 |  |
| Aguilar Morán, J.F. ,   | 173           |                           | Blanco, R.,              | 687           |  |
| Aguilar-Prieto, I. ,    | 349           |                           | Blomme, G.,              | 354, 789      |  |
| Ahmed, K.Z.,            | 510           |                           | Boels, G.,               | 738           |  |
| Ake, S.,                | 487, 722      |                           | Borges, A.L.,            | 368, 398      |  |
| Akinyemi, S.O.S.,       | 361           |                           | Bornacelly-Horta, H.,    | 690           |  |
| Albarran, J.G.,         | 339, 340      |                           | Bower, J.P.,             | 528           |  |
| Almeida, J.L. de,       | 323           |                           | Braga Filho, J.R.,       | 402           |  |
| Alonso, M.,             | 459           |                           | Brahima, C.,             | 722           |  |
| Alvarado, Y.,           | 392           |                           | Brenes Gamboa, S. ,      | 572           |  |
| Álvarez, E.R.,          | 446, 475      |                           | Brioso, P.S.T.,          | 757           |  |
| Alves, E.J.,            | 368, 398      |                           | Brito, P.F. de,          | 698           |  |
| Alves, J. da S.,        | 322           |                           | Bureau, E.,              | 826           |  |
| Amorim, T. da S.,       | 874           |                           | Burgos-Rojas, M.E.,      | 803           |  |
| Andrade, A.L. de,       | 313, 323, 553 |                           | Busogoro, J.-P.,         | 380, 752      |  |
| Andrade, E.A. de,       | 313           |                           | Bustamante Rojas, E. ,   | 133           |  |
| Andrigueto, J.R.,       | 32            |                           | Bustamante, E.,          | 350           |  |
| Anno, P.A.,             | 487 722       |                           | Buzar, A.G.,             | 308           |  |
| Antunes Júnior, R.C.,   | 312, 347, 545 |                           |                          |               |  |
| Antunes, E.N. ,         | 346           |                           | <b>C</b>                 |               |  |
| Aparecida, A.,          | 813           |                           | Cabrera Cabrera, J.,     | 289, 468      |  |
| Arango, R,              | 735           |                           | Cabrera Jova, M.,        | 513           |  |
| Araújo, M.M. de,        | 308           |                           | Cabrera, M.,             | 341           |  |
| Araya, L.,              | 384           |                           | Camacho, B.,             | 650           |  |
| Arroyave, J.A.,         | 379           |                           | Câmara, B.,              |               |  |
| Arturo, M.,             | 362           |                           | Câmara, T.R.,            | 305, 327      |  |
| Arzanlou, M.,           | 375           |                           | Candresse, T.,           | 774           |  |
| Arzola, M.,             | 392           |                           | Cantero, A.,             | 341           |  |
| Avendaño, J.,           | 408           |                           | Carlier, J.,             | 122, 375      |  |
| Aycicegi-Lowengart, A., | 190           |                           | Carlier, J. ,            | 662           |  |
| Ayisha, R.,             | 770           |                           | Carmona, J.D.,           | 389           |  |
| B. Padmanaban,          | 391           |                           | Carolina, M.,            | 363           |  |
|                         |               |                           | Cassiano, L.P.,          | 308           |  |
| <b>B</b>                |               |                           | Castañeda Sánchez, D.,   | 388, 411      |  |
| Badou. O.J.,            | 722           |                           | Castañeda-Sánchez, D.A., | 690           |  |
| Barbosa, R.D.,          | 592           |                           | Castro Benítez, M.E.,    | 845           |  |
| Barrera Violeth, J.,    | 569           |                           | Cayón Salinas, D.G.,     | 318, 319      |  |
| Basail Pérez, M.,       | 513           |                           | Cayón Salinas, G.,       | 310           |  |
| Basail, M.,             | 341           |                           | Cayon, G.,               | 370           |  |
|                         |               |                           | Cecon, P.R.,             | 415           |  |
|                         |               |                           | Chacín, M.,              | 362           |  |
|                         |               |                           | Chang, F.,               | 314           |  |

|                         |      |      |      |      |                          |      |      |     |
|-------------------------|------|------|------|------|--------------------------|------|------|-----|
| Chirinos, A.,           | 562  |      |      |      | <b>E</b>                 |      |      |     |
| Cícales Rivero, M.R.,   | 597, | 601  |      |      |                          |      |      |     |
| Cobon, J.,              | 268  |      |      |      | Easwaren, S.,            | 492  |      |     |
| Coelho Filho, M.A.,     | 359, | 413  |      |      | Echeverri, F.,           | 683  |      |     |
| Coelho, E.F.,           | 352, | 358, | 359, | 413  | Eden-Green, S.,          | 789  |      |     |
| Coelho, M.C.F.,         | 523  |      |      |      | Edmunds, J.E.,           | 164  |      |     |
| Collazos Villa, J.C.,   | 133  |      |      |      | Edwin, C.A.,             | 375  |      |     |
| Colmenarez, R.,         | 363  |      |      |      | Escobar Chalarca, C.A.,  | 411  |      |     |
| Colque, F.O. ,          | 364  |      |      |      | Espinosa Cuellar, A.,    | 513  |      |     |
| Colque, O.,             | 616  |      |      |      | Espinoza, J.,            | 362  |      |     |
| Companioni, B.,         | 392  |      |      |      | Espinoza, J.G.,          | 355  |      |     |
| Conceição, V.J.,        | 405  |      |      |      | Estella Vásquez, L.,     | 735  |      |     |
| Cordeiro, Z.J.M.,       | 36,  | 48,  | 399, | 429, | Evangelista, R.M.,       | 578  |      |     |
|                         | 433, | 437  |      |      |                          |      |      |     |
| Cortés, M.,             | 410  |      |      |      | <b>F</b>                 |      |      |     |
| Cortez, A.,             | 363  |      |      |      | Fernandes, T.P.,         | 312, | 347, | 498 |
| Costa, E.L. da,         | 358  |      |      |      | Ferraz, S.,              | 813  |      |     |
| Costa, H.,              | 331  |      |      |      | Ferreira, C.F.,          | 10,  | 305, | 327 |
| Costa, M.A.P. de C.,    | 326, | 328  |      |      | Ferreira, D.M.V.,        | 399  |      |     |
| Côte, F.,               | 387  |      |      |      | Ferreira, A.,            | 464  |      |     |
| Coulibaly, S.,          | 864  |      |      |      | Ferrufino, A.,           | 616  |      |     |
| Crous, P.W.,            | 375  |      |      |      | Ferrufino, C.A.,         | 364  |      |     |
| Crozoli, R.,            | 381  |      |      |      | Figueira, A.V. de O. ,   | 325  |      |     |
| Crozzoli, R.,           | 363  |      |      |      | Figueiredo, D.V,         | 757  |      |     |
| Cruz, J.,               | 868  |      |      |      | Figueiredo, Z.N.,        | 313  |      |     |
| Cubero Rojas, H.,       | 315  |      |      |      | Folliot, M.,             | 387  |      |     |
| Cunha-Junior, J. de O., | 757  |      |      |      | Fouré, E.,               | 122  |      |     |
|                         |      |      |      |      | Fournier, A.,            | 376  |      |     |
| <b>D</b>                |      |      |      |      | Franco, L.,              | 312, | 347  |     |
| Damatto Junior, E.R.,   | 578, | 592, | 629, | 904  | Fraser, F.,              | 528  |      |     |
| Damicela, R.,           | 341  |      |      |      | Freitas, M.P.B,          | 405  |      |     |
| Daniells, J.,           | 284  |      |      |      | Fuchs, M.,               | 340  |      |     |
| Davies, P.,             | 382  |      |      |      | Fuentes, L. ,            | 409  |      |     |
| Dávila, E.,             | 314  |      |      |      | Fukuda, E.,              | 656  |      |     |
| Daza Sanabria, M.A.,    | 319  |      |      |      |                          |      |      |     |
| Degny, E.,              | 487  |      |      |      | <b>G</b>                 |      |      |     |
| Delgadillo, V.R.O.,     | 364  |      |      |      | Galán Saúco, V.,         | 289, | 468  |     |
| Delgado, E.,            | 198, | 207, | 222, | 355, | Gálvez Guerra, J.R.,     | 446, | 475  |     |
|                         | 362, | 363  |      |      | Galzi, S.,               | 387  |      |     |
| Dias, M.M.,             | 498  |      |      |      | Gañán R., P.,            | 412  |      |     |
| Dias-Arieira, C.R.,     | 818  |      |      |      | Gañán, P.,               | 868  |      |     |
| Díaz Ismael, A.C.,      | 310  |      |      |      | Garavello, M.E. de P.E., | 405  |      |     |
| Díaz Montenegro, D.,    | 353  |      |      |      | García García, M.,       | 513  |      |     |
| Díaz Rivera, M. ,       | 336  |      |      |      | Garcia, J.,              | 303, | 377  |     |
| Díaz, A.C.,             | 370  |      |      |      | García, M.,              | 341, | 417  |     |
| Díaz, E.,               | 339, | 340  |      |      | García, R. ,             | 880  |      |     |
| Díaz, M.,               | 365  |      |      |      | Garcia, V.A. ,           | 332, | 333  |     |
| Domínguez-Gil, O.E.,    | 803  |      |      |      | Garita, W.,              | 376, | 384  |     |
| Dorel, M.,              | 634  |      |      |      | Garza Hernández, J.M.,   | 638  |      |     |
| Dueñas, F.,             | 459  |      |      |      | Gasparotto, L.,          | 117, | 331  |     |
|                         |      |      |      |      | Gaviria Gutiérrez, B.M., | 394  |      |     |

|                             |      |      |      |      |  |
|-----------------------------|------|------|------|------|--|
| Gayol, L.,                  | 410  |      |      |      |  |
| Gil Pilonieta, A.,          | 412  |      |      |      |  |
| Giménez, C.A.,              | 307  |      |      |      |  |
| Godoy, R.C.B. de,           | 403, | 874  |      |      |  |
| Gomes, E.M.,                | 578  |      |      |      |  |
| Gomes, J.A.,                | 331  |      |      |      |  |
| Gomes, L.I.S.,              | 397  |      |      |      |  |
| Gómez Kosky, R.,            | 513  |      |      |      |  |
| Gómez Lima, M.,             | 307  |      |      |      |  |
| Gómez Sánchez, M.I. ,       | 646  |      |      |      |  |
| Gómez, C.,                  | 344, | 348  |      |      |  |
| Gómez, R.,                  | 341  |      |      |      |  |
| Gonçalves, V.D.,            | 312, | 347, | 545  |      |  |
| González Díaz. L.,          | 446, | 475  |      |      |  |
| González, C.,               | 459  |      |      |      |  |
| Gonzalez, D.,               | 376, | 384, | 386  |      |  |
| González, L.,               | 459  |      |      |      |  |
| Gonzalez, M.,               | 363  |      |      |      |  |
| González, M.D.,             | 355  |      |      |      |  |
| González, N.,               | 408  |      |      |      |  |
| Gonzalez, R.,               | 382  |      |      |      |  |
| Govea, D.,                  | 367  |      |      |      |  |
| Graeme, P.,                 | 396  |      |      |      |  |
| Guerra, M.P.,               | 393  |      |      |      |  |
| Guerra, R. ,                | 562  |      |      |      |  |
| Gulino, L.M.,               | 550  |      |      |      |  |
| Guzmán, M.,                 | 83,  | 714  |      |      |  |
| Guzmán-Téllez, E.,          | 353  |      |      |      |  |
| <b>H</b>                    |      |      |      |      |  |
| Hagai, N.B.,                | 582  |      |      |      |  |
| Harper, G.,                 | 764  |      |      |      |  |
| Hasan, M.A.,                | 424  | 532  |      |      |  |
| Heiffig, L.S.,              | 316  |      |      |      |  |
| Hernández Estrada, M.,      | 446, | 475  |      |      |  |
| Hernández Fermín, J.B.,     | 565  |      |      |      |  |
| Hernández Pérez, R.,        | 475  |      |      |      |  |
| Hernández, C.,              | 735  |      |      |      |  |
| Hernández, J.,              | 677, | 718  |      |      |  |
| Hernández, M.,              | 459  |      |      |      |  |
| Hernández, Y.,              | 303, | 307, | 409  |      |  |
| Hernández-Mancilla, A.,     | 702  |      |      |      |  |
| Hincapié, D.,               | 868  |      |      |      |  |
| Hinz, R.H.,                 | 808  |      |      |      |  |
| Hoyos-Carvajal, L.,         | 379, | 653  |      |      |  |
| Hussain, I. ,               | 494  |      |      |      |  |
| <b>I</b>                    |      |      |      |      |  |
| Inciarte-Martínez, E.A.,    | 803  |      |      |      |  |
| Iquize, E.,                 | 616  |      |      |      |  |
| Iskra-Caruana, M.-L.,       | 387, | 774  |      |      |  |
| Israeli, Y.,                | 317, | 582  |      |      |  |
| <b>J</b>                    |      |      |      |      |  |
| Jácome, L.H.,               | 320, | 386  |      |      |  |
| Jacomino, A.P.,             | 316  |      |      |      |  |
| James-Kay, A.,              | 662  |      |      |      |  |
| Jesus, O.N. de,             | 305, | 326, | 327, | 328  |  |
| Jijakli, H.,                | 311, | 752  |      |      |  |
| Jijakli, M.H.,              | 380  |      |      |      |  |
| Jiménez, I. ,               | 386  |      |      |      |  |
| Jiménez, M.I.,              | 234  |      |      |      |  |
| Jiménez, R.,                | 234  |      |      |      |  |
| <b>K</b>                    |      |      |      |      |  |
| Kanda, N.E.,                | 383  |      |      |      |  |
| Karamathullah, J.,          | 492  |      |      |      |  |
| Karanja, L.,                | 764  |      |      |      |  |
| Keita, S. ,                 | 585  |      |      |      |  |
| Kema Abeln, G.H.J.,         | 375  |      |      |      |  |
| Kema, G.H.J.,               | 3    |      |      |      |  |
| Kerbaui, G.B.,              | 335, | 337  |      |      |  |
| Kerguelén Grajales, H. ,    | 412  |      |      |      |  |
| Kinceler, L.M.,             | 346  |      |      |      |  |
| Kizhakoot, P.,              | 441  |      |      |      |  |
| Kluge, R.A.,                | 316  |      |      |      |  |
| Knight, S.,                 | 714  |      |      |      |  |
| Kobayashi, A.K.,            | 10   |      |      |      |  |
| Kone, D.,                   | 722  |      |      |      |  |
| Kuck, K-H.,                 | 153  |      |      |      |  |
| <b>L</b>                    |      |      |      |      |  |
| Labarca, J.,                | 303, | 307, | 409  |      |  |
| Laboureau, N.,              | 387, | 774  |      |      |  |
| Lacera Rúa, A.,             | 880  |      |      |      |  |
| Lacerda, M. dos S.,         | 404  |      |      |      |  |
| Lahav, E.,                  | 190  |      |      |      |  |
| Landínez, J.A.,             | 484  |      |      |      |  |
| Lapeyre de Bellaire, L. de, | 122  |      |      |      |  |
| Lassois, L.,                | 311  |      |      |      |  |
| Lédo, A. da S.,             | 324  |      |      |      |  |
| Lédo, C.A. da S.,           | 324  |      |      |      |  |
| Lee Rodríguez, V.,          | 638  |      |      |      |  |
| Leiva, M.,                  | 380  |      |      |      |  |
| Leonel, S.,                 | 578, | 629, | 904  |      |  |
| Lerma Molina, J.N.,         | 638  |      |      |      |  |
| Lescot, T.,                 | 122, | 891  |      |      |  |
| Lichtemberg, L.A.,          | 342, | 390, | 414, | 464, |  |
|                             | 557, | 808, | 885  |      |  |
| Lima, J.D.,                 | 332, | 333, | 624  |      |  |
| Lima, M.B.,                 | 368, | 398  |      |      |  |
| Lobo, D.,                   | 355, | 363  |      |      |  |



|                         |      |      |      |     |                           |      |      |      |     |
|-------------------------|------|------|------|-----|---------------------------|------|------|------|-----|
| López Baez, O. ,        | 638  |      |      |     | Meyer, J.B.,              | 781  |      |      |     |
| López Torres, J.,       | 513  |      |      |     | Mira Castillo, J.J.,      | 310, | 318  |      |     |
| López, J.,              | 341  |      |      |     | Mira, J.J.,               | 370, | 379, | 653  |     |
| Lorenzo, J.C.,          | 392  |      |      |     | Miranda, T.A. de,         | 347, |      |      |     |
| Lugo, M. de L.,         | 336  |      |      |     | Mizobutsi, E.H.,          | 397, | 813  |      |     |
| Lugo, W.I.,             | 365  |      |      |     | Molina Concepción, O.,    | 446  |      |      |     |
| Luna-Martínez, F.,      | 662  |      |      |     | Molina Jr., A.B.,         | 24   |      |      |     |
| Lüth, P.,               | 396  |      |      |     | Molina, S.M.G. ,          | 405  |      |      |     |
| <b>M</b>                |      |      |      |     |                           |      |      |      |     |
| Maceda, A.,             | 818  |      |      |     | Montano, H.G. ,           | 757  |      |      |     |
| Madrigal-Ambriz, L.V.,  | 406  |      |      |     | Montano, N.,              | 341  |      |      |     |
| Magaña-Lemus, S.,       | 304, | 344, | 348  |     | Montes, S.M.N.,           | 330  |      |      |     |
| Majumder, D.,           | 424, | 532  |      |     | Montoya, Y.,              | 411  |      |      |     |
| Malburg, J.L.,          | 342, | 366, | 378  |     | Moot, D.J.,               | 414, | 557  |      |     |
| Mandal, K.K.,           | 424  |      |      |     | Mora Alfaro, L.,          | 572  |      |      |     |
| Manzanilla, E.,         | 340, | 381, | 677, | 718 | Mora, I.,                 | 377  |      |      |     |
| Manzo-Sánchez, G.,      | 662  |      |      |     | Moraes, W. da S.,         | 624, | 656, | 747  |     |
| Marcílio, H. de C.,     | 553  |      |      |     | Morais, L. S.,            | 10,  | 326, | 328, | 338 |
| Marcílio, H.C. de,      | 313, | 323  |      |     | Moran, E.,                | 408  |      |      |     |
| Marcon, I.T.,           | 808  |      |      |     | Moreira, J.A.A.,          | 356, | 357, | 404  |     |
| Marie, P.,              | 891  |      |      |     | Moreira, R.,              | 747  |      |      |     |
| Marín Borja, O.,        | 569  |      |      |     | Moreira, R.S.,            | 36,  | 48,  | 885  |     |
| Marín, M.,              | 303  |      |      |     | Mota Filho, V.J.G.,       | 415  |      |      |     |
| Marín, M.C.,            | 409  |      |      |     | Muhammad, A.,             | 494  |      |      |     |
| Márquez, J.,            | 536  |      |      |     | Mukasa, H.,               | 789  |      |      |     |
| Martínez Bolaños, L.,   | 349  |      |      |     | Munar Vivas, O. ,         | 388  |      |      |     |
| Martínez Solorzano, G., | 381, | 718  |      |     | Muñoz, N.,                | 355, | 536  |      |     |
| Martínez Varona, R.,    | 369  |      |      |     | Mustaffa, M.M.,           | 888, | 897  |      |     |
| Martínez, A.L. de A.,   | 402  |      |      |     | <b>N</b>                  |      |      |      |     |
| Martínez, D.,           | 562  |      |      |     | Nadou Paul Sanogo,        | 585  |      |      |     |
| Martínez, G.,           | 650, | 677  |      |     | Naqvi, S.M.S.,            | 494  |      |      |     |
| Martínez, G.,           | 340, | 355, | 362, | 363 | Narayani, B.T.,           | 441  |      |      |     |
| Martínez-Acosta, A.M.,  | 690  |      |      |     | Narváez-Cuenca, C.,       | 845  |      |      |     |
| Maia, V.M.,             | 415  |      |      |     | Nasser, L.C.B.,           | 32   |      |      |     |
| Martins, N.F.,          | 308, | 309  |      |     | Nava, C. ,                | 306  |      |      |     |
| Masquelier, L. ,        | 752  |      |      |     | Navarro Alzate, R. ,      | 394  |      |      |     |
| Mass Villadiego, M. ,   | 569  |      |      |     | Naves, R.V.,              | 402  |      |      |     |
| Matos, A.P. de,         | 399, | 429, | 433, | 437 | Negrín, M.,               | 417  |      |      |     |
| Matos, E.L.S.,          | 403, | 874  |      |     | Nel, L.H.,                | 781  |      |      |     |
| Matsumoto, K.,          | 523  |      |      |     | Nemlin. G.J.,             | 864  |      |      |     |
| Mauri-Mollera, F.,      | 702  |      |      |     | Nesi, C.N.,               | 557  |      |      |     |
| Mayorga Pinzón, M.,     | 668  |      |      |     | Ngando, J.E.,             | 122  |      |      |     |
| Md. Abu Hasan,          | 532  |      |      |     | N'guessan, Y.T. ,         | 487  |      |      |     |
| Medero Veja, V.,        | 513  |      |      |     | Nicoletti, M.E.,          | 464  |      |      |     |
| Medero, V.,             | 341  |      |      |     | Nicot, P.,                | 722  |      |      |     |
| Mendonça, E.T. de,      | 698  |      |      |     | Niescthe, S.,             | 312, | 347, | 397  |     |
| Mendonça, J.C. de,      | 656  |      |      |     | Nietsche, S.,             | 498, | 545  |      |     |
| Menegucci, J.L.P.,      | 356, | 357, | 402, | 404 | Nishimura, D.S.,          | 325  |      |      |     |
| Menjivar, R.D.,         | 249  |      |      |     | Nogueira, M. do S. da R., | 757  |      |      |     |
| Merchán-Vargas, V.,     | 690  |      |      |     | Nomura, E.S.,             | 332, | 333, | 747  |     |
| Mesquita, M.A.M.,       | 402, | 404  |      |     | Noriega, C.,              | 334  |      |      |     |

|                        |                              |  |  |  |                            |                    |  |  |  |
|------------------------|------------------------------|--|--|--|----------------------------|--------------------|--|--|--|
| Núñez, E.,             | 362                          |  |  |  | Pereira, M.C.N.,           | 331                |  |  |  |
| Núñez, M.C.,           | 355                          |  |  |  | Pereira, M.C.T.,           | 312, 347, 498, 545 |  |  |  |
| <b>O</b>               |                              |  |  |  |                            |                    |  |  |  |
| Obregón, M.,           | 785                          |  |  |  | Pereira, M.E.C.,           | 329, 401, 849      |  |  |  |
| O'Hallorans, J.M.,     | 365                          |  |  |  | Pérez Barraza, M.H.,       | 454, 504, 730, 840 |  |  |  |
| Olaniyi, O.,           | 321, 345                     |  |  |  | Pérez Vicente, L.,         | 141                |  |  |  |
| Olaya, C.,             | 379                          |  |  |  | Pérez Zamora, O.,          | 597, 601           |  |  |  |
| Oliveira Júnior, M.X., | 312, 347, 545                |  |  |  | Pérez, A.,                 | 677                |  |  |  |
| Oliveira, J.R.,        | 347, 545                     |  |  |  | Pérez, J.C.,               | 350                |  |  |  |
| Olivie, T.,            | 380                          |  |  |  | Pérez, L.,                 | 341, 459           |  |  |  |
| Ongarelli, M. das G.,  | 316                          |  |  |  | Pérez, M.C.,               | 392                |  |  |  |
| Ontougou, F.,          | 585                          |  |  |  | Pérez, Y.,                 | 314                |  |  |  |
| Onukwu, D.,            | 798                          |  |  |  | Pérez-Vicente, L.,         | 702                |  |  |  |
| Opadare, S.,           | 345                          |  |  |  | Perozo, A.,                | 562                |  |  |  |
| Orozco-Romero, J.,     | 100, 374, 406, 597, 601, 730 |  |  |  | Peruch, L.A.M.,            | 414, 557, 710      |  |  |  |
| Orozco-Santos, M.,     | 100, 374                     |  |  |  | Pestana, K.N.,             | 305, 327           |  |  |  |
| Ortiz Ortega, O.,      | 646                          |  |  |  | Pestana, R.K.N.,           | 322, 338           |  |  |  |
| Osuna García, J.A.,    | 454, 504, 840                |  |  |  | Pian, C.A.,                | 383                |  |  |  |
| Otero Gálvez, E.,      | 513                          |  |  |  | Piedrahita Restrepo, R.A., | 133                |  |  |  |
| <b>P</b>               |                              |  |  |  |                            |                    |  |  |  |
| Padilha, P.,           | 346                          |  |  |  | Pierre, A. A.,             | 487 722            |  |  |  |
| Padmanaban, B.,        | 805                          |  |  |  | Pietersen, G. ,            | 781                |  |  |  |
| Paiva, P.G.,           | 383                          |  |  |  | Piña-Dumoulin, G.,         | 304                |  |  |  |
| Paniagua, C.I.,        | 735                          |  |  |  | Pineda Cabrales, M.A. ,    | 407                |  |  |  |
| Paredes, C.,           | 303, 307, 409                |  |  |  | Pineda, R. ,               | 683                |  |  |  |
| Pargas, R.,            | 381, 718                     |  |  |  | Pinho, R.E.da C. de        | 352, 359, 413      |  |  |  |
| Parra, L.F.,           | 370                          |  |  |  | Pino, N.,                  | 348                |  |  |  |
| Passos, A.R.,          | 322, 398                     |  |  |  | Pires, E.T.,               | 322                |  |  |  |
| Patel, A.D.,           | 395                          |  |  |  | Pisinato, R.,              | 405                |  |  |  |
| Patel, B.A. ,          | 395                          |  |  |  | Pocasangre, L.E.,          | 198 207 222 234    |  |  |  |
| Patel, D.J.,           | 395                          |  |  |  |                            | 341 349 355 362    |  |  |  |
| Pathak, R.,            | 764                          |  |  |  |                            | 363 393            |  |  |  |
| Patiño Hoyos, L.F.,    | 133                          |  |  |  | Poiani, L.M.,              | 855                |  |  |  |
| Patiño, L.F.,          | 350                          |  |  |  | Porras, A.,                | 702                |  |  |  |
| Patrícia Restrepo, L., | 845                          |  |  |  | Portal, N.,                | 392                |  |  |  |
| Pattison, A. B.,       | 550                          |  |  |  | Pozza, A.A.A.,             | 813                |  |  |  |
| Pattison, T.,          | 198, 268                     |  |  |  | Prando, H.F.,              | 794                |  |  |  |
| Pauli, K. S.,          | 464                          |  |  |  | Provost, G. Le,            | 774                |  |  |  |
| Paz Chávez, E.,        | 513                          |  |  |  | <b>Q</b>                   |                    |  |  |  |
| Pedraza, T.R.,         | 446, 475                     |  |  |  | Quesada, R.,               | 373                |  |  |  |
| Peixoto, N.,           | 356, 357, 404                |  |  |  | Quintero, H.,              | 314                |  |  |  |
| Pelissari, A.,         | 818                          |  |  |  | <b>R</b>                   |                    |  |  |  |
| Peña, W.,              | 222                          |  |  |  | Rajamannan, A.H.J,         | 315, 320, 360      |  |  |  |
| Péréfarres, F.,        | 774                          |  |  |  | Ramclam, W. ,              | 687                |  |  |  |
| Pereira, A.M.,         | 383, 818                     |  |  |  | Ramírez Henry ,            | 605                |  |  |  |
| Pereira, J.C.R.,       | 117, 331                     |  |  |  | Ramírez, C.A.,             | 350                |  |  |  |
| Pereira, F.R.,         | 813                          |  |  |  | Ramírez, T.,               | 459                |  |  |  |
| Pereira, G.A.,         | 323, 553                     |  |  |  | Ramírez-Mendez, R.A.,      | 803                |  |  |  |
|                        |                              |  |  |  | Rampelotti, F.T.,          | 464                |  |  |  |
|                        |                              |  |  |  | Rashid, H.,                | 494                |  |  |  |
|                        |                              |  |  |  | Rayas Cabrera, A.,         | 513                |  |  |  |

|                           |                     |  |  |                          |                    |  |  |
|---------------------------|---------------------|--|--|--------------------------|--------------------|--|--|
| Rayas, A.,                | 341                 |  |  | Salazar Peláez, L.M.,    | 133                |  |  |
| Reina, A.,                | 304                 |  |  | Salazar Yepes, M.,       | 785                |  |  |
| Reinaldo, D.,             | 341                 |  |  | Salazar, E.,             | 340, 379, 653      |  |  |
| Reinaldo, A.E.,           | 446, 475            |  |  | Salazar, E.G.,           | 339, 484           |  |  |
| Reinert, C.S.,            | 405                 |  |  | Salazar, R.,             | 367                |  |  |
| Remy, S.,                 | 510                 |  |  | Salazar, S.,             | 868                |  |  |
| Resende, J.C.F. de,       | 325, 330, 338       |  |  | Saldaña, G.,             | 339, 340, 484      |  |  |
| Rey, J.,                  | 355                 |  |  | Salomão, L.C.C.,         | 415                |  |  |
| Rey, J.C.,                | 362, 363            |  |  | Salvador, J.,            | 808                |  |  |
| Ribeiro, H.B.,            | 813                 |  |  | Sama-Lang, P.,           | 838                |  |  |
| Ribeiro, L.R. ,           | 338, 398            |  |  | Sanabria, M.,            | 562                |  |  |
| Ribeiro, R.C.F.,          | 397, 813            |  |  | Sanabria, M.E.,          | 565                |  |  |
| Rios, S. de A.,           | 498                 |  |  | Sanabria, N.,            | 565, 650           |  |  |
| Robinson, J.C.,           | 255, 528, 781       |  |  | Sanches M, R.,           | 624                |  |  |
| Rodrigues, D.S.,          | 332, 333            |  |  | Sánchez, A.,             | 367, 371           |  |  |
| Rodrigues, W. ,           | 346                 |  |  | Sánchez, L.,             | 384                |  |  |
| Rodríguez González, C.,   | 318                 |  |  | Sandoval, J.,            | 207                |  |  |
| Rodríguez Morales, S.,    | 446                 |  |  | Sangalang, J.,           | 385                |  |  |
| Rodríguez, D.,            | 381, 562, 650       |  |  | Santana, J.A.V.,         | 352, 413           |  |  |
| Rodríguez, D.A.,          | 565                 |  |  | Santos Pino, A.,         | 513                |  |  |
| Rodríguez, G.,            | 417, 536, 605       |  |  | Santos, A.,              | 341                |  |  |
| Rodríguez, M.,            | 363                 |  |  | Santos, A.P. dos,        | 403                |  |  |
| Rodríguez, O.,            | 367, 371            |  |  | Santos, C.C. dos,        | 313, 553           |  |  |
| Rodríguez, P.,            | 307                 |  |  | Santos, D.V. dos ,       | 874                |  |  |
| Rodríguez, P.A.,          | 350                 |  |  | Santos, K.P. dos,        | 405                |  |  |
| Rodríguez, R.,            | 562                 |  |  | Santos, M.R. dos,        | 352, 358, 359, 413 |  |  |
| Rodríguez, V.,            | 367, 371            |  |  | Santos, R.,              | 392                |  |  |
| Rodriguez, W.,            | 198                 |  |  | Santos, S.B. dos,        | 401, 849           |  |  |
| Rodríguez, G.,            | 355, 362, 363       |  |  | Santos, T.M. dos,        | 545 397            |  |  |
| Rodríguez-Gaviria, P.A. , | 389, 785            |  |  | Santos-Serejo, J.A. dos, | 10, 326, 328, 329, |  |  |
| Rodríguez-Pérez, M.A. ,   | 406                 |  |  |                          | 338                |  |  |
| Rojas, A. ,               | 459                 |  |  | Sapuky, M.,              | 362                |  |  |
| Román, M. I.,             | 446, 459            |  |  | Sarkar, S.,              | 424, 532           |  |  |
| Roman, M.I.,              | 341                 |  |  | Sathiamoorthy, S.,       | 805, 888, 897      |  |  |
| Romeiro, J.C.T.,          | 592                 |  |  | Schwartz, A.,            | 317                |  |  |
| Romero Santos, C.M.,      | 308, 309            |  |  | Segura, A.,              | 198, 222           |  |  |
| Romero, C.,               | 234                 |  |  | Segura, R.,              | 234                |  |  |
| Romero, J.,               | 234                 |  |  | Sepúlveda, L.,           | 735                |  |  |
| Romero, R.A.,             | 92                  |  |  | Serrano, E.,             | 198, 207, 222      |  |  |
| Roque, B.,                | 392                 |  |  | Shani, U.,               | 317                |  |  |
| Rosa Salazar, L.E.,       | 407                 |  |  | Shanmugam, K.P.G.,       | 441                |  |  |
| Rosales, F.,              | 207, 222, 355, 362, |  |  | Shapira, O.,             | 317                |  |  |
|                           | 363                 |  |  | Shillingford, C.A.,      | 164                |  |  |
| Rosales, F.E.,            | 198, 234, 249       |  |  | Sidibe, A.,              | 585                |  |  |
| Rosales, H.,              | 344, 348, 367, 371  |  |  | Sierotzki, H. ,          | 714                |  |  |
| Ruggiero, C.,             | 312, 545            |  |  | Sikora, R.A.,            | 249, 268, 241      |  |  |
| Rumbos, R.,               | 344                 |  |  | Silva Júnior, J.F. da,   | 324                |  |  |
|                           |                     |  |  | Silva, A.J.P.,           | 352, 359, 413      |  |  |
| <b>S</b>                  |                     |  |  | Silva, C.M. da ,         | 656                |  |  |
|                           |                     |  |  | Silva, E.A. da ,         | 624                |  |  |
| Saavedra del Aguila, J.,  | 316                 |  |  | Silva, F.R. da,          | 308                |  |  |
| Saes, L.A.,               | 747                 |  |  | Silva, L.S.,             | 397                |  |  |
| Sági, L.,                 | 510                 |  |  | Silva, M.R. da,          | 405                |  |  |

|                      |                     |                             |                    |
|----------------------|---------------------|-----------------------------|--------------------|
| Silva, S. de O. e,   | 10, 305, 322, 324,  | Torres, S.B.,               | 349                |
|                      | 326, 327, 328, 329, | Traore, B.M.,               | 585                |
|                      | 330, 331, 338, 347, | Trejos, J.,                 | 198, 222           |
|                      | 399, 401, 403, 429, | Trocoli, R.O. ,             | 399                |
|                      | 433, 437, 545, 849  | Trujillo, I.,               | 339, 340, 484      |
| Silva, S.H.M.G. da,  | 656                 | Trujillo, R.,               | 341                |
| Silveira, E.K.C.P.,  | 397                 | Tulmann Neto, A.,           | 325, 330           |
| Simpson, J.,         | 662                 | Turquin, L.,                | 487                |
| Siqueira, D.L.,      | 415                 | Turyagyenda, L.F.,          | 354, 789           |
| Soares, T.L.,        | 10, 305, 326, 327,  |                             |                    |
|                      | 328, 401, 849       | <b>U</b>                    |                    |
| Soffia, R.,          | 386                 | Uma, S. ,                   | 805                |
| Söndahl, M.R.,       | 334                 | Umamaheswaran, K.,          | 770                |
| Sônego, M.,          | 414, 557, 710       | Umeh, V.C.,                 | 798                |
| Sosa, L.,            | 306                 | Utle, M.,                   | 385                |
| Soto, M.,            | 178                 |                             |                    |
| Souza Júnior, M.T.,  | 5, 308, 309         | <b>V</b>                    |                    |
| Souza Júnior, M.T. , | 523                 | Valdés, M.,                 | 459                |
| Souza, A. da S.,     | 10, 326, 328        | Vandermolen, M.,            | 752                |
| Souza, E.H. de,      | 326, 328, 329       | Vázquez Valdivia, V.,       | 454, 504, 730, 840 |
| Souza, F.V.D.,       | 10, 329             | Vázquez-Galindo, J.,        | 406                |
| Souza, G.S de,       | 855                 | Veber, M.P.,                | 366                |
| Spir, B.B.,          | 698                 | Velasco Villalpando, S.,    | 406                |
| Ssekiwoko, F.,       | 789                 | Ventura Martín, J de la C., | 475                |
| Stanley, J.,         | 764                 | Ventura, J.,                | 341                |
| Staver, C.,          | 198                 | Ventura, J.A.,              | 331                |
| Stella Riveros, A.,  | 234, 249            | Vera Coello, D.,            | 674                |
| Stolf, E.C.,         | 393                 | Vera, J.,                   | 344, 348           |
| Stone, L.F.,         | 356, 357, 404       | Vergara Ruiz, R.,           | 389                |
| Stuker, H.,          | 390, 808            | Vieira, J.F.,               | 429, 433           |
| Suárez-Capello, C. , | 674                 | Vieites, R.L.,              | 578                |
| Surga, J.G.,         | 304, 339, 344, 348, | Vijayaraghavan, H.,         | 492                |
|                      | 484                 | Villa, C. ,                 | 868                |
| Swennen, R.,         | 354, 510            | Villalobos, M.,             | 234                |
|                      |                     | Villas Boas, R.L. ,         | 592, 629           |
| <b>T</b>             |                     | <b>W</b>                    |                    |
| Tabora, P.,          | 234                 | Waalwijk, C.,               | 375                |
| Tamagnone, M.G.,     | 378                 | Wangai, A.,                 | 764                |
| Tapia-Ramos, E. ,    | 374                 | Washington, J.R.,           | 373, 725           |
| Tazán C., L. ,       | 155                 | Weisson, S.,                | 314                |
| Tcacenco, F.A.,      | 464                 |                             |                    |
| Teixeira, J.B.,      | 523                 | <b>X</b>                    |                    |
| Teixeira, J.M.A.,    | 32                  | Xavier, A.A.,               | 397, 498           |
| Tenkouano, A.,       | 354                 | Xiqués, X.,                 | 459                |
| Teycheney, P-Y. ,    | 387, 774            |                             |                    |
| Tixier, P.,          | 634                 | <b>Y</b>                    |                    |
| Togawa, R.C.,        | 308, 309            | Yamuyam, N.,                | 385                |
| Toledo, H.,          | 341                 |                             |                    |
| Toledo-Martínez, A., | 374                 |                             |                    |
| Tomaz, R.,           | 383                 |                             |                    |
| Torres Delgado, M.,  | 513                 |                             |                    |
| Torres, F.,          | 683                 |                             |                    |

Yuval Levy, 582

## Z

|                        |      |     |
|------------------------|------|-----|
| Zaffari, G.R.,         | 335, | 337 |
| Zapata Colorado, M.A., | 668  |     |
| Zapater, M.-F.,        | 662  |     |
| Zuleta, S.,            | 683  |     |
| Zuluaga, R.,           | 868  |     |
| zum Felde, A. ,        | 249  |     |





## Epagri - Estação Experimental de Itajaí

Trinta anos gerando conhecimento agropecuário e melhorando a qualidade de vida dos catarinenses

Governo do Estado de Santa Catarina  
Secretaria de Estado da Agricultura e Política Rural  
Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina



A Estação Experimental de Itajaí foi instalada em 1976 com o objetivo de gerar e difundir conhecimento na área de ciências agrárias. Está localizada na Rodovia Antônio Heil, km 6, em Itajaí, SC (latitude: 26°57' sul, longitude: 48°48', altitude: 2m), em uma área de 121 hectares.

Na Estação, são desenvolvidas atividades de pesquisa e extensão em diversos segmentos da agropecuária catarinense, concentrando aproximadamente 25% das atividades de pesquisa da Epagri. Desempenha importante trabalho na difusão de tecnologias através de publicações especializadas, dias de campo, cursos profissionalizantes e palestras. Como parte de seu papel social, oferece oportunidade de estágios para estudantes do ensino médio, superior e pós-graduação.

O quadro de pesquisadores conta de 16 doutores, 23 mestres e 3 graduados. O quadro de apoio conta com 58 funcionários administrativos, técnicos e operacionais.

### Projetos

- Administração rural
- Arroz
- Bioativas
- Biotecnologia
- Flores e ornamentais
- Fruticultura tropical
- Hortaliças
- Pecuária
- Piscicultura
- Recursos florestais
- Recursos hídricos
- Sementes e mudas

### Laboratórios

- Análise de água
- Beauveria
- Biotecnologia
- Cultura de tecidos vegetais
- Entomologia
- Fitopatologia
- Piscicultura
- Plantas bioativas
- Reprodução animal
- Sanidade animal
- Sementes florestais
- Análise de frutos

### Outras Unidades

Biblioteca, Estação meteorológica, Unidade de beneficiamento de sementes de arroz, Unidade de tratamento e beneficiamento de madeira, Unidade de processamento de palmito, Xiloteca, Sistemas de produção de leite, Unidade de processamento pós-colheita de banana.

### Localização

EPAGRI - Estação Experimental de Itajaí  
Rodovia Antonio Heil Km 6, Caixa Postal 277  
88301-970 - Itajaí - Santa Catarina - Brasil

Fone/fax: (047)3341-5244 / 3341-5255  
E-mail: [ritajai@epagri.rct-sc.br](mailto:ritajai@epagri.rct-sc.br)  
[www.epagri.rct-sc.br](http://www.epagri.rct-sc.br)



## Epagri - Itajaí Experimental Station

Thirty years generating technologies and improving the quality of life in the State of Santa Catarina

Government of Santa Catarina  
State Agricultural and Rural Development Division  
Epagri - Santa Catarina State Agricultural Research and Rural Extension Agency (Brazil)



The Itajaí Experimental Station was established in 1976 with the mission of facilitating research and extension in practices for producers and rural landowners of the region. The research station is located in Itajaí, at km 6 of Antônio Heil Road, (latitude: 26°57' S; longitude: 48°48'; altitude: 2 m). It is part of research stations network for Epagri – Santa Catarina State Agricultural Research and Rural Extension Agency.

The research station generates scientific and technical information involving the application of innovative technologies seeking solutions to problems related to the sustainable production of economically competitive agricultural commodities. The extension service is also part of its activities, and several publications, meetings and courses are held. In accordance to its social role, the research station also offers internships and training activities from high school to graduation level.

Forty-two research scientists are currently employed at the research station, 16 of them are Doctors and 23 have the M. Sc. degree. In addition, the supporting staff includes 58 field, office and laboratory personal.

### Projets

- Economics and Administration
- Rice
- Medicinal and bioactive plants
- Biotechnology
- Flowers and Ornamentals
- Tropical fruit crops
- Vegetables
- Cattle and forage
- Fish culture
- Forests
- Water resources
- Seeds

### Laboratories

- Water
- Beauveria
- Biotechnology
- Plant Tissue Culture
- Entomology
- Phytopathology
- Fish Health
- Medicinal Plants
- Animal Reproduction
- Animal Health
- Forest Seeds
- Fruit analysis

### Other Units

Library, Weather Service Reporting Station, Rice Seed Processing Unit, Wood Treatment and Processing Unit, Palm Heart Processing Unit, Milk Production System, Banana Post-Harvesting Processing Unit

### Location

EPAGRI - Estação Experimental de Itajaí  
Rodovia Antonio Heil Km 6, Caixa Postal 277  
88301-970, Itajaí, Santa Catarina, Brasil

Fone/fax: (047)3341-5244 / 3341-5255  
E-mail: ritajai@epagri.rct-sc.br  
www.epagri.rct-sc.br



## Epagri – Estación Experimental de Itajaí

**Treinta años generando conocimiento agropecuario y mejorando la calidad de vida de los catarinenses**

Governo do Estado de Santa Catarina  
Secretaria de Estado da Agricultura e Política Rural  
Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina



La Estación de Investigación de Itajaí fue creada en 1976 con la misión de incentivar la investigación y extensión rural dirigida a la familia rural de la región. Está ubicada en la región costera del litoral de la Provincia, en las cercanías de la ciudad de Itajaí, a la orilla de la Carretera Antônio Heil, que une las ciudades de Itajaí y Brusque. Las coordenadas del lugar son: latitud 26° 57' Sur; longitud oeste Greenwich 48° 48' y la altitud sobre el nivel del mar es de 2 m. Esta Estación compone la red de investigación coordinada por Epagri en la Provincia de Santa Catarina.

La Estación de Investigación de Itajaí genera información científica y técnica con trabajos de investigación que involucran la aplicación de nuevas técnicas buscando soluciones para problemas relacionados a la producción sostenible de cultivos de importancia económica para la provincia. El servicio de divulgación, compone una de las principales actividades de Epagri, dentro del cual son producidas innumerables publicaciones, y son ofrecidos encuentros y cursos.

De acuerdo con la función social, la Estación de Investigación de Itajaí, también ofrece oportunidades para estudiantes de nivel superior, bien como para los de nivel técnico en agropecuaria, en actividades con vistas a la elaboración de su trabajo de conclusión del curso.

Cuarenta y dos científicos están actualmente en actividad, 16 de ellos son doctores y 23 tienen el grado de maestría. El equipo de apoyo a la investigación, se compone de 58 personas que trabajan en los laboratorios, oficinas y en el campo.

### Proyectos

- Administración rural
- Arroz
- Plantas medicinales
- Biotecnología
- Flores y plantas ornamentales
- Frutales de clima tropical
- Hortalizas
- Bovino de leche y forraje
- Cultivo de pez de agua dulce
- Árboles
- Recursos hídricos
- Semillas

### Laboratórios

- Agua
- Beauveria
- Biotecnología
- Cultivo in vitro
- Entomología
- Enfermedades de plantas
- Pescado
- Plantas medicinales
- Reproducción animal
- Salud animal
- Semillas de árboles
- Análisis de frutas

### Otras Unidades

Biblioteca, estación meteorológica, unidad de procesamiento de arroz, tratamiento de madera, sistema de producción de leche, planta de pos-cosecha de banano.

### Ubicación

Epagri – Estación de Investigación de Itajaí  
Rodovia Antonio Heil km 6, Caixa Postal 277  
88301-970 Itajaí/Santa Catarina, Brasil

Teléfono/Fax: (47)33415244; (47)3341-5255  
Dirección electrónica: [ritajai@epagri.rct-sc.br](mailto:ritajai@epagri.rct-sc.br)  
[www.epagri.rct-sc.br](http://www.epagri.rct-sc.br)



XVII REUNIÃO INTERNACIONAL  
**ACORBAT**



2006

JOINVILLE

BRASIL

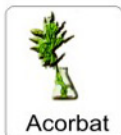


ACORBAT 2006 | BRASIL | VOL. 01

A Reunião da Acorbat é o maior congresso técnico-científico sobre bananicultura, tendo status de Congresso Mundial sobre Bananicultura. A reunião é realizada de dois em dois anos, reunindo pesquisadores, agrônomos da assistência técnica e da iniciativa privada, produtores, empresas produtoras de insumos e empresas exportadoras de banana. As reuniões que se realizam desde 1970, já tiveram como sede Santa Lucia, Jamaica, Martinica, Panamá, Equador, Guadalupe, Costa Rica, Colômbia, Venezuela, México, Costa Rica, República Dominicana, Equador, Porto Rico, Colômbia e México.

**BANANICULTURA: UM NEGÓCIO SUSTENTÁVEL**  
**15 A 20 DE OUTUBRO DE 2006 | JOINVILLE | BRASIL**

Promoção:



Realização:



Apoio:



TUDOINSITE

**BANANICULTURA: UM NEGÓCIO SUSTENTÁVEL**