

Agrotropical

Volume 13, número 1, janeiro a abril de 2001



Centro de Pesquisas do Cacau 
Brasil

Volume 13, número 2, maio a agosto de 2001

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO

Ministro: Roberto Rodrigues

Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira - CEPLAC

Diretor: Gustavo Costa de Moura

Superintendência Regional da Bahia e Espírito Santo (SUBES)

Superintendente: Francisco Carlos Ferreira Leite

Centro de Pesquisas do Cacau - (CEPEC)

Chefe: Raúl René Meléndez Valle

Serviço de Pesquisas

Chefe: Jonas de Souza

Serviço de Suporte Técnico

Chefe: José Marques Pereira

Centro de Extensão - (CENEX)

Chefe: Ebiezel Nascimento Andrade Filho

Superintendência Regional da Amazônia Ocidental (SUPOC)

Superintendente: João Valério da Silva Filho

Superintendência Regional da Amazônia Oriental (SUPOR)

Superintendente: Ademir Conceição Carvalho Teixeira

Agrotropica, v. 1, n°1 (1989)
Ilhéus, BA, Brasil, CEPLAC/CEPEC, 1989

v.

Quadrimestral

Substitui "Revista Theobroma"

1. Agropecuária - Periódico.

CDD 630.5

AGROTRÓPICA é indexada em

AGRINDEX; THE BRITISH LIBRARY; CAB (i.e. Horticultural Abstracts, Review of Plant Pathology, Forestry Abstracts); AGROBASE; Agricultural and Environment for Developing regions (TROPAG); ULRICH'S INTERNATIONAL PERIODICALS DIRECTORY (Abstract on Tropical Agriculture, Agricultural Engineering Abstracts, Agroforestry Abstracts, Bibliography of Agriculture, Biological Abstracts, Chemical Abstracts, Exerp Medical, Food Science & Technology Abstracts, Indice Agricola de America Latina y el Caribe, Nutrition Abstracts, Protozool. Abstracts, Review of Applied Entomology, Seed Abstracts, Tropical Oil Seeds Abstracts).

POLÍTICA EDITORIAL

AGROTRÓPICA, publicação quadrimestral destinada a veicular trabalhos que constituem contribuição original e real para o desenvolvimento agroecológico e socioeconômico das regiões tropicais úmidas. Tem por objetivo ser veículo aberto à divulgação de trabalhos científicos inéditos que contribuam para o aprimoramento das culturas tropicais, pastagens e outros produtos de interesse econômico.

Publica artigos científicos, notas científicas, revisões bibliográficas relevantes e de natureza crítica, em português, espanhol e inglês e cartas ao editor sobre trabalhos publicados em *Agrotropica*.

O autor é o responsável exclusivo pelo conteúdo do trabalho, todavia, o Editor, com a assistência da assessoria científica, reserva-se o direito de sugerir ou solicitar modificações que considere necessárias.

EDITORIAL POLICY

AGROTRÓPICA is a Journal published every four months which goal is to divulge papers containing original and real contributions to agroecological and socioeconomical development of humid tropics. Inedited papers leading to the improvement of tropical crops, pastures and other agricultural commodities are welcome. The Journal will publish scientific articles and notes, critical reviews and letters to the Editor written in Portuguese, Spanish and English.

Authors are exclusively responsible for concepts and opinions given in their articles. However the Editor with the help of the Scientific Committee reserves the right to suggest or ask modifications thought to be necessary.



MINISTÉRIO DA AGRICULTURA
PECUÁRIA E ABASTECIMENTO

CEPLAC - Comissão Executiva do
Plano da Lavoura Cacaueira

AGROTRÓPICA. Publicação quadrimestral
do Centro de Pesquisas do Cacau (CEPEC)
da CEPLAC.

Comissão de Editoração: José Luiz
Bezerra, Miguel Moreno Ruiz e Milton
Macoto Yamada.

Editor: Miguel Moreno Ruiz

Assistentes de Editoração: Jacqueline
C.C. do Amaral e Selenê Cristina Badaró.

**Normalização de referências bibliográ-
ficas:** Maria Christina de Campos Faria.

Editoração eletrônica: Jacqueline C.C. do
Amaral e Selenê Cristina Badaró.

Capa: Selenê Cristina Badaró

Assinatura: R\$ 40,00 (Anual); R\$ 15,00
(número avulso). Instituições ou leitores
interessados em obter a publicação por
intercâmbio ou assinatura poderão
contactar: CEPLAC - Setor de Informação
Documental, C.P. 07, 45600-970, Itabuna,
Bahia, Brasil. sidoc@cepec.gov.br

Endereço para correspondência:
AGROTRÓPICA, Centro de Pesquisas
do Cacau (CEPEC), C.P. 07, 45600-970,
Itabuna, Bahia, Brasil.

Telefone: (73) 214 - 3217

Fax: (73) 214 - 3218

E-mail: agrotrop@cepec.gov.br

Tiragem: 650 exemplares

AGROTRÓPICA

V.13

Janeiro - abril 2001

N.1

CONTEÚDO

ARTIGOS

- 1 Emissão de fluorescência da clorofila e taxas de trocas gasosas em dois genótipos de cacau infectados com vassoura-de-bruxa (em inglês). **A.-A. F. de Almeida, I. C. F. Santos, R. R. Valle.**
- 9 Seleção de cultivares clonais superiores de cacaueiros para Rondônia, Brasil. **L. C. de Almeida, C. M. V. C. de Almeida, L. A. dos S. Dias e J. W. da S. e Mota.**
- 21 Efeito da rega de paclobutrazol no crescimento de plântulas micropropagadas e mudas seminais de doze cultivares de Citros (em inglês). **I. P. Singh, V. A. Parthasarathy e P. J. Handique.**
- 27 Variabilidade e correlações entre caracteres morfológicos reprodutivos em cultivares de coqueiro anão (*Cocos nucifera* L., Var. Nana). **W. M. Aragão, R. F. Boaventura, R. de R. B. Aragão e K. de B. R. Barros.**
- 33 Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho no nordeste brasileiro no ano agrícola de 1999/2000. **H. W. L. de Carvalho, M. de L. da S. Leal, M. J. Cardoso, M. X. dos Santos, J. N. Tabosa, M. M. de Albuquerque, D. M. dos Santos e M. A. Lira.**

NOTA CIENTÍFICA

- 41 Primeiro registro de *Milgithea melanoleuca* (Hampson, 1896) (Lepidoptera: Pyralidae) em urucum (*Bixa orellana* L.) em Tabasco, México (em espanhol). **S. S. Soto.**



MINISTRY OF AGRICULTURE
LIVESTOCK AND FOOD SUPPLY

CEPLAC - Executive Commission of
the Cacao Agriculture Plan

AGROTRÓPICA. Published every four months by the Cacao Research Center (CEPEC) of CEPLAC.

Editorial Committee: José Luiz Bezerra, Miguel Moreno Ruiz and Milton Macoto Yamada.

Editor: Miguel Moreno Ruiz

Editorial assistant: Jacqueline C.C. do Amaral and Selenê Cristina Badaró.

Revision of bibliographical references: Maria Christina de Campos Faria.

Desktop publish: Jacqueline C.C. do Amaral and Selenê Cristina Badaró.

Cover: Selenê Cristina Badaró

Subscription: annual (outside Brasil) - US\$ 60.00 (surface mail); single copy - US\$ 15.00 (surface mail). Institutions or individuals interested in obtaining the publication for exchange or subscription should contact: CEPLAC - Setor de Informação Documental, P.O.Box 07, 45600-970, Itabuna, Bahia, Brasil. E-mail: sidoc@cepec.gov.br

Address for correspondence:

AGROTRÓPICA, Centro de Pesquisas do Cacau (CEPEC), P.O.Box 07, 45600-970, Itabuna, Bahia, Brasil.

Telephone: 55 (73) 214 - 3217

Fax: 55 (73) 214-3218

E-mail: agrotrop@cepec.gov.br

Circulation: 650 copies.

AGROTRÓPICA

V.13

January - April 2001

N.1

CONTENTS

ARTICLES

- 1 Chlorophyll fluorescence emission and gas exchange rates in two cacao genotypes infected with witches' broom. **A.-A. F. de Almeida, I. C. F. Santos, R. R. Valle.**
- 9 Superior Clonal Varieties Selections of Cocoa for Rondônia, Brazil (in Portuguese). **L. C. de Almeida, C. M. V. C. de Almeida, L. A. dos S. Dias e J. W. da S. e Mota.**
- 21 Effect of paclobutrazol drenching on growth of micropropagated and seedling plantlets of 12 citrus cultivars. **I. P. Singh, V. A. Parthasarathy and P. J. Handique.**
- 27 Variability and correlations among reproductive morphological characters in dwarf coconut cultivars (*Cocos nucifera* L.) (in Portuguese). **W. M. Aragão, R. F. Boaventura, R. de R. B. Aragão and K. de B. R. Barros.**
- 33 Adaptability and stability of maize cultivars in the northeast Brazilian region during the agricultural year 1999/2000 (in Portuguese). **H. W. L. de Carvalho, M. de L. da S. Leal, M. J. Cardoso, M. X. dos Santos, J. N. Tabosa, M. M. de Albuquerque, D. M. dos Santos and M. A. Lira.**

SCIENTIFIC NOTE

- 41 First record of *Milgitha melanoleuca* (Hampson, 1896) (Lepidoptera: Pyralidae) on annatto (*Bixa orellana* L.) in Tabasco, México (in Spanish). **S. S. Soto.**

Volume 13, number 1, pages 1 - 42, published March, 2003

Instruções aos Autores

1. O original para publicação deve ter no máximo 20 páginas numeradas, em formato A4 (21,0 x 29,7 cm), fonte Times new roman, corpo 12, espaço 1,5 (exceto Resumo e Abstract, em espaço simples), digitado em Word/Windows. O artigo deverá ser encaminhado à Comissão Editorial da revista em 3 vias impressas e também em disquete 3,5. No rodapé da primeira página deverão constar o endereço postal completo e o endereço eletrônico do(s) autor(es). Em duas das três vias impressas, deverão ser omitidos o(s) nome(s) dos autor(es) e agradecimentos, pois essas vias serão enviadas a assessores científicos para análise. As figuras (desenhos, mapas, fotografias, gráficos) e quadros devem vir à parte.

2. Sempre que possível os artigos devem conter: título, resumo, abstract, introdução, material e métodos, resultados e discussão, conclusões, agradecimentos e literatura citada.

3. Os artigos científicos e notas científicas devem conter introdução que destaque os antecedentes, a importância do termo e revisão de literatura. Nos materiais e métodos deve-se descrever os materiais e métodos usados, incluindo informações sobre localização, época, clima, solo etc., bem como nomes científicos se possível completos de plantas, animais, patógenos etc., o desenho experimental e recursos de análise estatística empregados. Os resultados e discussão poderão vir juntos ou separados e devem incluir quadros e figuras com suas respectivas análises estatísticas. As conclusões devem ser objetivas e derivadas dos aspectos significativos da pesquisa e suas implicações no campo agropecuário.

4. **Título** - Deve ser conciso e expressar com exatidão o conteúdo do trabalho.

5. **Resumo e Abstract** - Devem conter no máximo 200 palavras cada.

6. **Palavras chave** - Devem ser no máximo de cinco, sem estar contidas no título.

7. **Unidades de medida** - Usar exclusivamente o Sistema Internacional (S.I.).

8. **Figuras (gráficos, desenhos, mapas)** - As figuras devem ser apresentadas com qualidade que permita boa reprodução gráfica; devem ter 8,2 cm ou 17 cm de largura; devem ser enviados os originais das figuras, uma cópia impressa e em disquete, de maneira que possam ser editadas para possíveis correções. A chave das convenções adotadas deve ser incluída na área da figura.

9. **Literatura Citada** - No texto as referências devem ser citadas da seguinte forma: Silva (1990) ou (Silva, 1990). A normalização das referências deve seguir os exemplos abaixo:

PERIÓDICO

REIS, E.L. 1996. Métodos de aplicação e fracionamentos de fertilizantes no desenvolvimento da seringueira (*Hevea brasiliensis*) no Sul da Bahia. *Agrotropica* (Brasil) 8(2): 39 - 44.

LIVRO

BALL, D.M., HOVELAND, C.S. and LACEFIELD, G.D. 1991. Southern forrages. Atlanta, PPI. 256p.

PARTE DE LIVRO

ENTWISTLE, P.F. 1987. Insects and cocoa. In Wood, G.A.R and Lass, R.A. Cocoa. 4ed. London, Longman. pp.366-443.

TESE

ROCHA, C.M.F. 1994. Efeito do nitrogênio na longevidade da folha de cacau (*Theobroma cacao* L.). Tese Mestrado. Salvador, UFBA. 31p.

MONOGRAFIA SERIADA

TREVIZAN, S.D.P. e ELOY, A.L.S. 1995. Nível alimentar da população rural na Região Cacaueira da Bahia. Ilhéus. CEPLAC/CEPEC. Boletim Técnico n° 180. 19p.

PARTE DE EVENTO

PIRES, J.L. et al. 1994. Cacao germplasm characterisation based on fat content. In International Workshop on Cocoa Breeding Strategies, Kuala Lumpur, 1994. Proceedings. Kuala Lumpur, INGENIC. pp.148-154.

A literatura citada deverá referir-se unicamente a trabalhos publicados.

Após as correções sugeridas pela assessoria científica, o autor deverá retornar ao editor da revista, uma cópia impressa da versão corrigida, acompanhada de uma cópia em disquete.

Os autores receberão 15 separatas do seu artigo publicado.

Guidelines to Authors

1 - The manuscript for publication should measure 20 numbered pages, format A4 (21.0 x 20.7 cm), in Times New Roman, 12, 1.5 spaced (except Resumo and Abstract, simple spaced) keyed in Word/Windows. The article must be addressed to the Editorial Commission in 3 printed copies and also in diskette 3.5. Complete mailing address and e-mail of the author(s) must appear at the bottom of first page. Two out of the three copies should not state the author's name or acknowledgements, since these copies will go to reviewers. Figures (drawings, maps, pictures and graphs) and tables should be sent separately and ready for publication;

2 - Whenever possible articles must contain: title, abstract, introduction, material and methods, results and discussion, conclusions, acknowledgements and literature cited (references);

3 - Scientific articles and notes must include an introduction highlighting the background and importance of the subject and literature review. Under materials and methods one must mention information about locations, time, climate, soil, etc. and furnish latin names of plants, animals, pathogens, etc., as well experimental designs and statistical analysis used. Conclusions must be objective and derived from relevant results of the research.

4 - Title - It must be concise and express the real scope of the work.

5 - Abstract - No more than 200 words.

6 - Key words - Five at most, and should not be present in the title.

7 - Measurement units - Use only the International System.

8 - Figures (drawings, maps, pictures and graphs) - They must possess good quality for graphic reproduction; size 8.2 cm or 17 cm wide; send the original drawings plus one printed copy and one diskette, so that they can be edited for possible corrections. Symbols must be included in the figure area.

9 - References - literature cited in the text must be written as follows: Silva (1990) or (Silva, 1990). Citation should be given as follows.

PERIODICALS

REIS, E.L. 1996. Métodos de aplicação e fracionamentos de fertilizantes no desenvolvimento da seringueira (*Hevea brasiliensis*) no Sul da Bahia. *Agrotrópica* (Brasil) 8(2): 39 - 44.

BOOKS

BALL, D.M., HOVELAND, C.S. and LACEFIELD, G.D. 1991. Southern forages. Atlanta, PPI. 256p.

BOOK CHAPTERS

ENTWISTLE, P.F. 1987. Insects and cocoa. In Wood, G.A.R and Lass, R.A. Cocoa. 4ed. London, Longman. pp.366-443.

THESIS

ROCHA, C.M.F. 1994. Efeito do nitrogênio na longevidade da folha de cacau (*Theobroma cacao* L.). Tese Mestrado. Salvador, UFBA. 31p.

SERIAL MONOGRAPHS

TREVIZAN, S.D.P. e ELOY, A.L.S. 1995. Nível alimentar da população rural na Região Cacaueira da Bahia. Ilhéus. CEPLAC/CEPEC. Boletim Técnico n° 180. 19p.

PART OF MEETINGS

PIRES, J.L. et al. 1994. Cacao germplasm characterisation based on fat content. In International Workshop on Cocoa Breeding Strategies, Kuala Lumpur, 1994. Proceedings. Kuala Lumpur, INGENIC. pp.148-154.

Literature cited should correspond only to published papers, unpublished information must be referred to as "personal communication" or "unpublished data". After attending the corrections of the reviewers the author should return to the Editor a definitive copy of the corrected version and a disk copy in the software recommended by the editors.

Authors will receive 15 reprints of their published paper.

CHLOROPHYLL FLUORESCENCE EMISSION AND GAS EXCHANGE RATES IN TWO CACAO GENOTYPES INFECTED WITH WITCHES' BROOM*

*This research was part of a M.Sc. thesis in Biology-Botany/Plant Physiology.

Alex-Alan Furtado de Almeida¹, Ivana C. F. Santos², Raúl René Valle³

¹DCB – UESC, km 16 Rodovia Ilhéus - Itabuna, Ilhéus, BA, Brazil; alexalan@uesc.br.

²Instituto de Biologia, Universidade Federal da Bahia, Ondina, Salvador, BA, Brazil.

³CEPLAC/CEPEC/SEFIS, Caixa Postal 7, Itabuna, BA. 45600-000, Brazil; raul@cepec.gov.br.

Parameters of chlorophyll (Chl) fluorescence in the fast phase and gas exchange rates were studied in seedlings of Catongo and SCA6 x Catongo, a susceptible and a tolerant to witches' broom cacao cultivars, respectively. The seedlings were inoculated with a mixture of isolates of *Crinipellis perniciosa*, causal agent of the disease. Kinetics of fluorescence induction of Chl was evaluated during leaf ontogeny using a portable system PAM-2000. Gas exchanges were measured in mature leaves using a Portable Photosynthetic System LI-6200. Inter- and intra-genotypic statistical differences were found in relation to minimum (F_0) fluorescence values at the **B** (7 to 14-days-old), **C** (15 to 20 days-old) and **E** (> 30 days-old) stages of leaf development. The variable fluorescence (F_v) differed inter- and intra-genotypically only at the **C** stage, however, the differences were only inter-genotypic at the **B** and **E** stages. Also, statistical differences were found between infected and control genotypes for maximum potential quantum yield of PS II (F_v/F_m) and the ratio of variable fluorescence [$(F_m - F_0)/F_0$] at the **B**, **C**, **D** (21 to 30 days-old) and **E** leaf developmental stages. On the other hand, the rates of the photosynthetic electron transport to PS II (A_{max}) differed inter- and intra-genotypically only at the **C** and **E** stages. At the **B** stage these differences were only inter-genotypic. No inter- and intra-genotypic differences during leaf ontogeny were found between A_{max} and F_m and A_{max} and F_v/F_m in spite of a highly positive correlation between these parameters. Furthermore, inter- and intra-genotypic statistical differences were found for carbon exchange rate (CER), stomatal conductance (Cs), internal CO_2 concentration (Ci) and transpiration rates (TR) measured in mature leaves of infected and non-infected seedlings. The infected Catongo seedlings showed the lower gas exchange values. Catongo, the most affected genotype by the *C. perniciosa* infection, showed damages in the reaction centers of PS II associated with alteration in the biochemical reactions of photosynthesis.

Key words: *Theobroma cacao*, *Crinipellis perniciosa*, leaf development, photosystem II, quantum yield, pathogens.

Emissão de fluorescência da clorofila e taxas de trocas gasosas em dois genótipos de cacau infectados com vassoura-de-bruxa. Estudou-se os parâmetros de fluorescência da clorofila (Chl) na fase rápida e as trocas gasosas em plântulas de cacau Catongo e SCA6 x Catongo, cultivares suscetível e tolerante a vassoura-de-bruxa, respectivamente. As plântulas foram inoculadas com uma mistura de isolados de *C. perniciosa*, agente causal da doença. A cinética de indução da fluorescência de Chl foi avaliada durante a ontogenia foliar usando um sistema portátil PAM-2000. As trocas gasosas foram medidas em folhas maduras utilizando um sistema fotossintético portátil LI-6200. Encontraram-se diferenças estatísticas inter e intragenotípicas nos valores da fluorescência mínima (F_0) nos estádios **B** (7 a 14-dias de idade), **C** (15 a 20 dias de idade) e **E** (> 30 dias de idade) de desenvolvimento foliar. A fluorescência variável (F_v) diferiu inter e intragenotípicamente no estádio **C** e intergenotípicamente nos estádios **B** e **E**. Observaram-se também diferenças estatísticas entre os genótipos infectados e seus respectivos controles para rendimento quântico potencial máximo de PS II (F_v/F_m) e para a razão de fluorescência variável [$(F_m - F_0)/F_0$] nos estádios **B**, **C**, **D** (21 a 30 dias de idade) e **E**. As taxas de transporte fotossintético de elétrons até PS II (A_{max}) diferiram inter e intragenotípicamente somente para os estádios **C** e **E**. No estádio **B** estas diferenças foram apenas intergenotípicas. Não houve diferenças inter e intragenotípicas durante a ontogenia foliar em relação a A_{max} e F_m e A_{max} e F_v/F_m apesar das correlações entre estes parâmetros serem positivas e altamente significativas. Por outro lado, encontraram-se diferenças estatísticas inter e intragenotípicas para a taxa de troca de carbono (CER), condutância estomática (Cs), concentração interna de CO_2 (Ci) e taxa de transpiração (TR) medidas em folhas maduras de plântulas infectadas e controles. As plântulas de Catongo infectadas apresentaram valores inferiores de trocas gasosas. O Catongo, genótipo mais afetado pela infecção de *C. perniciosa*, apresentou danos no centro de reação de PS II associado com alterações nas reações bioquímicas da fotossíntese.

Palavras-chave: *Theobroma cacao*, *Crinipellis perniciosa*, desenvolvimento foliar, fotossistema II, rendimento quântico, patógeno.

Introduction

Intermittent flushing is a common activity in *Theobroma cacao* and other tropical species (Alvim, 1977). These vegetative growing regions can be attacked by *Crinipellis pernicioso*, which life cycle shows two distinct morpho-physiological phases, a parasitic and a saprophytic. In the parasitic phase, the fungus needs the host tissue for its nutrition, which might supply specific carbohydrates that may participate in its transition to the saprophytic phase (Orchard and Hardwick, 1988).

It has been observed that pathogens alter the leaf sink-source relationships (Scholes, 1992). Furthermore, induce decreases in non-cyclic photosynthetic electron transport and oxidative photophosphorylation. This is demonstrated by a drop in the quantity of electron carriers, mainly cytochromes, in infected leaf tissues (Goodman *et al.* 1986). Leaves of *P. vulgaris* infected by *U. appendiculatus* show an increase in fluorescence emission of Chl in infected areas, simultaneously with mycelia growth (Peterson and Aylor, 1995).

In *Hordeum vulgare*, leaves infected by *Erysiphe graminis* showed increase in acid invertase activity, increasing the glucose and fructose concentrations and decreasing the sucrose export (Scholes *et al.*, 1994). On the other hand, in leaves of *Phaseolus vulgaris* infected by *Uromyces appendiculatus*, alterations in the utilization of photosynthetic active radiation (PAR) occurred. This was interpreted as a response of the host to infection, which preceded visual symptoms (Peterson and Aylor, 1995). Furthermore, leaves of *H. vulgare* infected with *Puccinia hordei* showed a drop in CO₂ fixation, probably due to the sequestering of host inorganic phosphate (Pi) by the fungus (Ahmad *et al.*, 1983). Generally, biotrophic pathogens act as a sink for Pi synthesizing great quantities of polyphosphate in the mycelium interior (Scholes, 1992).

Kinetics of fluorescence induction of chlorophyll (Chl) in the rapid phase is related to the primary processes occurring in photosystem II (PS II) (Bolh ar-Nordenkamp and  quist, 1993) and provides information of the photosynthetic electron transport reactions to PS II. An evaluation of the changes occurring in the rapid phase of fluorescence shows its direct relationship to CO₂ assimilation (Ogawa, 1982). Consequently, variations in the antenna size and in the quantum efficiency of PS II may have implications in CO₂ fixation (Baker, 1991). Also, changes in environmental conditions induce modification in the CO₂ assimilation characteristics causing variations in the fluorescence emission of Chl (Ireland *et al.*, 1984).

The objective of this work was to determine possible injuries caused by *C. pernicioso* in two genotypes of *T.*

cacao, measuring gas exchanges of mature leaves and kinetics of Chl fluorescence induction in the rapid phase during leaf ontogeny.

Material and Methods

Genetic material and crop conditions. Seedlings of SCA 6 x Catongo and Catongo, a tolerant and a susceptible to witches' broom cacao genotypes were used. Seeds of both genotypes were pre-germinated in humid sawdust for five days and transferred to polyethylene bags of 2 kg capacity filled with an Alfisol (Tropudalf). The seedlings were maintained in a greenhouse in which a plastic cover permitted a solar radiation reduction of 70%. Maximum values of solar radiation were 2500 $\mu\text{mol quanta m}^{-2} \text{s}^{-1}$.

Inoculation system. The seedlings were inoculated 20 days after emergence utilizing a mixture of isolates of *C. pernicioso* at a concentration of 2×10^5 basidiospores mL⁻¹, according to methodology described by Frias (1987). After inoculation the seedlings were maintained for 24 h in a chamber at $25 \pm 2^\circ\text{C}$ and 100% relative humidity. At the end of the incubation period were transferred to the experimental area, where periodic irrigation with tap water and concentrated nutrient solution was applied (Hoagland and Arnon, 1950).

Fluorescence measurements. The measurements were done in infected and control seedlings of both genotypes at the **B**, **C**, **D** and **E** stages of leaf development, which correspond from 7 to 14, 15 to 20, 21 to 30 and above 30 days of leaf age, respectively (Merkel *et al.*, 1993). Measurements at the **A** stage (0 to 6 days of leaf age) were not performed because the leaves were too tender and small. The fluorescence measurements were done using a portable PAM-2000 system (Heinz Walz GmbH, Effeltrich, Germany). The measurements began 12 days after inoculation. At each measurement, a clip was placed onto the leaf for 30 min in order to adapt it to darkness prior to illumination. By the end of the dark period all the reaction centers are "open" (unreduced quencher). For the detection of the fluorescence signal, a sensor of optical fiber was coupled to the clip. Afterwards, a modulated light source at 20 kHz (peak 655 nm, $0.2 \mu\text{mol quanta m}^{-2} \text{s}^{-1}$) was applied to obtain the signals of the fluorescence induction of Chl in the rapid phase.

The fluorescence signals were registered in a data acquisition system DA-2000 that automatically calculated the minimum (F_0), maximum (F_m), variable (F_v) fluorescences and maximum potential quantum yield (F_v/F_m). From these measurements variable fluorescence ratio

$[(F_m - F_0)/F_0]$ and the photosynthetic electron transport rate to PS II (A_{max}), which corresponds to the area above the curve between F_0 and F_m were determined (Bolh ar-Nordenkamp and  quist, 1993).

Gas exchange measurements. Measurements of carbon exchange rate (CER), stomatal conductance (Cs), internal concentration CO_2 (Ci) and transpiration rate (TR) were done in mature leaves of infected and control seedlings of both genotypes using a LI-6200 (LICOR, Inc.) portable photosynthetic system.

Experimental design. The seedlings were arranged in a complete randomized design with four replications and 10 plants per experimental unit. Analyses of variance were made using the General Linear Models (GLM) procedure of the Statistical Analysis System (SAS Institute, 1987). Means ranking was performed using the Duncan's Multiple Range Test at 5% probability. Regression and correlation analyses of the parameters were also done. Homogeneity of the regression coefficients was tested according to the procedures described by Steel and Torrie (1980).

Results and Discussion

Emission of Chl fluorescence. Inter- and intragenotypic variations were detected through leaf ontogeny for the parameters of the fluorescence induction kinetics of Chl during the rapid phase. The values of F_0 and F_m (Table 1) differed inter- and intra-genotypically in the B, C and E stages of leaf development. Also, the F_v values differed inter-genotypically in the B and E stages (Table 1). At the C stage the differences were inter- and

intra-genotypic. At the B and E stages it was evident an increase in the F_0 values in the infected Catongo cacao seedlings. On the other hand, at the D stage, no significant differences were found among treatments for F_0 and F_v values (Table 1). Furthermore, at the C stage, a steep decrease in F_v of infected seedlings, mainly in the infected hybrid was observed (Table 1).

The rapid phase of fluorescence induction is related to the photochemical reactions of PS II, that is, does not involve interactions between processes in the thylakoid membranes and processes occurring in the chloroplast stroma (Bolh ar-Nordenkamp and  quist, 1993). Leaves of *Hyacinthoides non-scripta*, infected by *U. muscari* showed increase in the F_0 values coincident with the increment in Chl concentration in the initial phase of infection (Scholes and Farrar, 1985). Research using leaves of *H. distichum* infected with *P. gramini* also showed an increase in F_0 values (Ahmad *et al.*, 1983). Probably, this increase was due to damages in the reaction centers of PS II (Krause, 1988).

In leaves of *P. vulgaris* infected by *U. appendiculatus*, an increment in the F_0 values was attributed to the enhancement in the reduction of the primary electron acceptor (Q_A) (Peterson and Aylor, 1995). The same occurred in leaves of *H. non-scripta* infected by *U. muscari*, where the increase coincided with the increase in Chl concentration at the initial phase of infection. On the other hand, in the final disease stages there is a decrease in the F_0 values due to reduction of Chl concentration (Scholes and Farrar, 1985). Infected leaves of *H. vulgare* with *P. hordei* also show increase in F_0 values (Ahmad *et al.*, 1983). Probably, this increase is

Table 1. Minimum (F_0) and variable (F_v) fluorescence measurements at the B, C, D and E stages of leaf development of two genotypes of *Theobroma cacao* infected and non-infected with *Crinipellis pernicioso*.

Parameter	Treats.	Stages of leaf development			
		B	C	D	E
F_0	CI	0.11(\pm 0.004)a	0.11(\pm 0.005)b	0.13(\pm 0.006)a	0.15(\pm 0.004)a
	CC	0.09(\pm 0.005)b	0.11(\pm 0.006)b	0.14(\pm 0.004)a	0.13(\pm 0.003)b
	HI	0.10(\pm 0.004)a	0.12(\pm 0.005)b	0.13(\pm 0.005)a	0.11(\pm 0.003)c
	HC	0.10(\pm 0.005)a	0.14(\pm 0.005)a	0.12(\pm 0.005)a	0.10(\pm 0.003)c
F_v	CI	0.09(\pm 0.010)b	0.09(\pm 0.020)bc	0.24(\pm 0.030)a	0.22(\pm 0.020)b
	CC	0.09(\pm 0.010)b	0.12(\pm 0.030)b	0.24(\pm 0.020)a	0.24(\pm 0.010)b
	HI	0.13(\pm 0.010)a	0.06(\pm 0.030)c	0.22(\pm 0.010)a	0.29(\pm 0.010)a
	HC	0.12(\pm 0.007)a	0.16(\pm 0.020)a	0.24(\pm 0.020)a	0.33(\pm 0.009)a

At each stage and parameter, means followed by the same letter in the same column do not differ according to Duncan's Multiple Range Test ($P \leq 0.05$). Mean (\pm s) values of 10 measurements. CI: Catongo Infected, CC: Catongo control, HI: Hybrid infected, HC: Hybrid control.

due to damages in the reaction centers of PS II (Krause, 1988). Although, F_0 partially reflects the Chl concentration in the leaf tissue of *H. non-scripta* infected with *U. muscari*, its increase occurs, probably, as a result of the production of a pathogen and/or a host tissue compound, which provokes reduction of Q_A . This reduction causes inactivation of the reaction centers of PS II and/or disarrangement in the orientation of Chl **a** in the interior of the thylakoid membranes (Scholes and Farrar, 1985).

The F_v yield is mainly determined by oxido-reduction reactions of Q_A and by the degree of energizing of the thylakoid membranes (Ögren and Baker, 1985). Conditions of high energy, high irradiance and absence of CO_2 induce the F_v and F_0 quenching (Bilger and Schreiber, 1986). A decrease in F_v values can indicate the existence of damages in the reaction centers of PS II associated to a decrease in the capacity of the photosynthetic electron transport system to PS II (Krause and Behrend, 1986). Studies with several species of wheat (*Triticum aestivum*, *T. dicoccum* e *T. compactum*), infected by *P. graminis* f. sp. *tritici*, showed a decrease in F_v and an increase in F_0 values when compared to the control plants (Berghaus et al., 1987). These facts are associated to decreases in Chl concentration and declines in the photosynthetic electron transport

(Berghaus et al., 1987). This was also verified in *H. non-scripta* infected by *U. muscari* in which the decrease in F_v was near 50% of the control leaves, in pustules, before sporulation (Scholes and Farrar, 1985).

Inter- and intra-genotypic differences between infected and non-infected cacao seedlings were found for maximum potential quantum yield of PS II (F_v/F_m) and variable fluorescence ratio $[(F_m - F_0)/F_0]$ at all stages of leaf development (Table 2). On the other hand, the mean values of photosynthetic electron transport rates to PS II (A_{max}) differed inter- and intra-genotype only in the **C** and **E** stages (Table 2). At the **B** stage, however, the differences were exclusively inter-genotypic. There was a decrease in F_v/F_m values in both infected genotypes at the **C** and **E** stages. This decrease was evident in the infected Catongo and hybrid seedlings at the **B** and **D** stages, respectively (Table 2). The same behavior was found for $[(F_m - F_0)/F_0]$. However, no significant differences were found, according to tests of homogeneity of regression coefficients (Steel and Torrie, 1980), of A_{max} as a function of F_m and F_v/F_m as a function of A_{max} (Figures 1 e 2).

The thermal deactivation of the antenna excitation state or the gradual loss of reactivity in the reaction centers of PS II imply in a reduction in quantum efficiency of PS II (Krause et al., 1990). This effect increase the

Table 2. Maximum potential quantum yield of PS II (F_v/F_m), variable fluorescence ratio $[(F_m - F_0)/F_0]$ and rates of the photosynthetic electron transport to PS II (A_{max}) at the B, C, D and E stages of leaf development in two genotypes of *Theobroma cacao* infected and non-infected with *Crinipellis perniciosa*.

Parameter	Treats.	Stages of leaf development			
		B	C	D	E
F_v/F_m	CI	0.45(±0.021)b	0.45(±0.047)ab	0.65(±0.03)ab	0.59(±0.020)c
	CC	0.50(±0.011)ab	0.52(±0.046)a	0.63(±0.014)b	0.65(±0.012)bc
	HI	0.57(±0.007)a	0.33(±0.050)b	0.63(±0.012)b	0.73(±0.004)b
	HC	0.55(±0.011)a	0.53(±0.025)a	0.67(±0.011)a	0.77(±0.005)a
$[(F_m - F_0)/F_0]$	CI	0.82(±0.113)b	0.82(±0.125)ab	1.85(±0.196)ab	1.47(±0.075)c
	CC	1.00(±0.118)a	1.09(±0.104)a	1.71(±0.125)b	1.85(±0.111)bc
	HI	1.30(±0.054)a	0.50(±0.153)b	1.69(±0.089)b	2.64(±0.101)b
	HC	1.20(±0.115)a	1.14(±0.159)a	2.00(±0.101)a	3.30(±0.094)a
A_{max} (Mv/ms)	CI	20348(±1802)b	14086(±1545)c	86113(±3858)a	79705(±3215)c
	CC	21894(±1456)b	29129(±3212)b	93026(±6274)a	86352(±4843)c
	HI	36915(±2028)a	44448(±2247)a	92046(±5209)a	118671(±3641)b
	HC	32176(±1381)a	43712(±3940)a	90717(±2836)a	143515(±2029)a

At each stage and parameter, means followed by the same letter in the same column do not differ according to Duncan's Multiple Range Test ($P \leq 0.05$). Mean (±s) values of 10 measurements. CI: Catongo Infected, CC: Catongo control, HI: Hybrid infected, HC: Hybrid control.

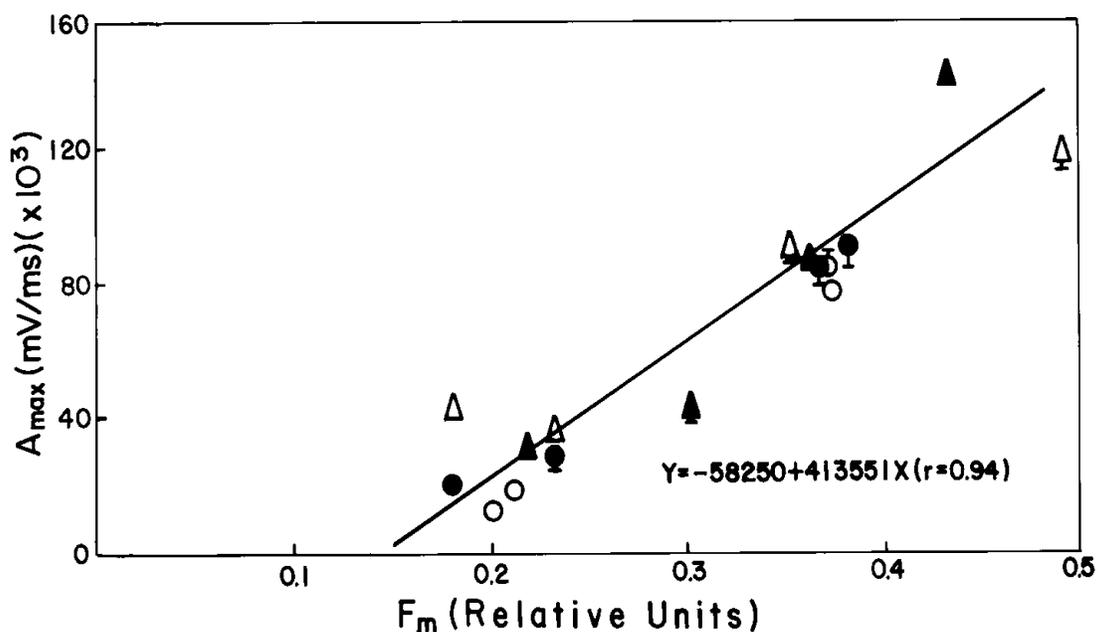


Figure 1. Relationship between the photosynthetic electron transport to PS II (A_{max}) and the maximum fluorescence (F_m) in two genotypes of *Theobroma cacao* infected and non-infected with *Crinipellis pernicioso*. Catongo Infected \circ , Catongo Control \bullet , Hybrid Infected \triangle , Hybrid Control \blacktriangle . Each measurement is the mean ($\pm s$) value of 10 replications. Catongo is susceptible and the hybrid (SCA6 x Catongo) is tolerant to *C. pernicioso*.

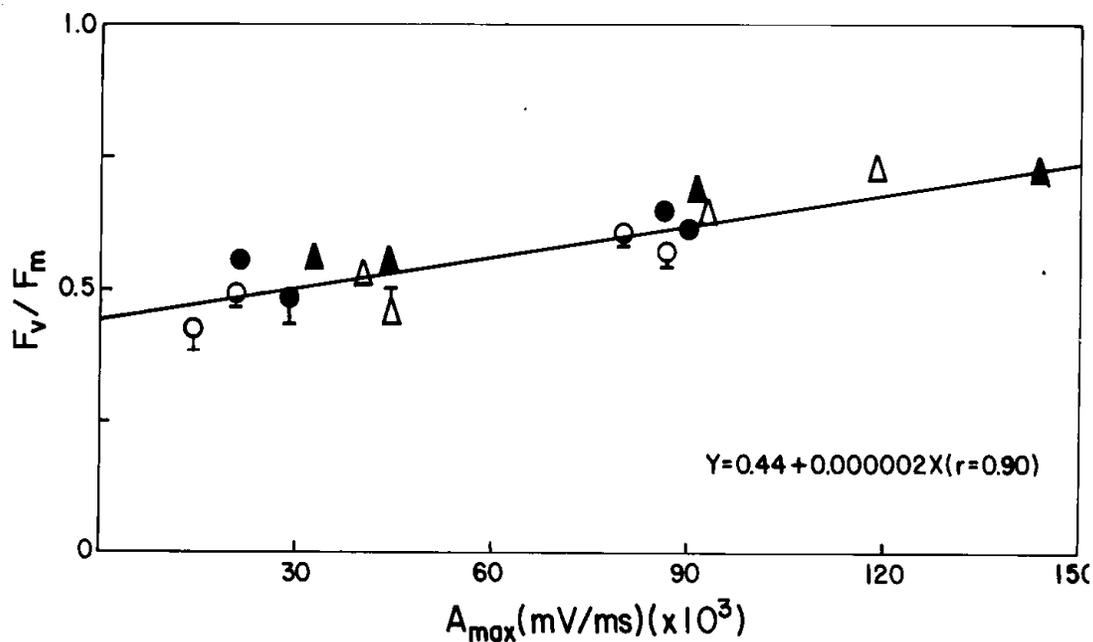


Figure 2. Relationship between the maximum potential quantum yield of PS II (F_v/F_m) and the rate of photosynthetic electron transport to PS II (A_{max}) in two genotypes of *Theobroma cacao* infected and non-infected with *Crinipellis pernicioso*. Catongo Infected \circ , Catongo Control \bullet , Hybrid Infected \triangle , Hybrid Control \blacktriangle . Each measurement is the mean value of 10 replications ($\pm s$). Catongo is susceptible and the hybrid (SCA6 x Catongo) is tolerant to *C. pernicioso*.

time needed to reach F_m , implying in closed reaction centers, and therefore, increasing the F_v/F_m values (Krause *et al.*, 1990). It is known that the decrease in F_v is associated to damaged PS II reaction centers and related to the reduction in A_{max} (Krause and Behrend, 1986).

The increase in the F_v/F_m values, through leaf development in *T. aestivum*, shows the existence of a great quantity of Chl molecules unable to transfer excitation energy to the reaction center of PS II. On the other hand, the decrease in F_v/F_m values indicates a decline in the photochemical efficiency of PS II (Demmig and Björkman, 1987). Studies with *Nicotiana tabacum* leaves infected with TMV showed linear correlation between the total quantum yield and F_v/F_m (Balachandran and Osmond, 1994). Thus, alterations in F_v/F_m can be related to changes in the photosynthetic quantum efficiency. Therefore, the quantum yield of net photosynthesis on healthy leaves of several species is associated to F_v/F_m (Demmig and Björkman, 1987). So, a decrease in the F_v/F_m values imply in a decline of photochemical efficiency of PS II (Demmig and Björkman, 1987), as shown by mature leaves of Catongo infected with *C. pernicioso*. This association involves a decrease of the demand of NADPH + H⁺ and ATP in the biochemical phase of photosynthesis (Raggi, 1995).

A decrease in $[(F_m - F_0)/F_0]$ values can be associated to changes in the photosynthetic electron transport rate between the plastoquinone pool (PQ) and photosystem I (Baker and Bradbury, 1981) or with the reduction of the PQ pool, as shown by mature leaves of *P. vulgaris* (Jenkins *et al.*, 1981). This fact was observed in three species of *Triticum* resistant to *P. graminis* infection (Berghaus *et al.*, 1987). On the other hand, leaves of *H. distichum* infected with *P. hordei* did not show changes in $[(F_m - F_0)/F_0]$ values, contrary to control leaves which

values decreased (Ahmad *et al.*, 1983). This suggests a decrease in the activity of PS II, in the capacity of the thylakoid membranes to generate electrochemical potential and in the ATP production as leaf ages (Ahmad *et al.*, 1983). Some studies also suggest that the pathogens act, specifically, interrupting the photosynthetic electron transport while others indicate that the primary effect of the pathogen is associated to the reduction of photosynthetic proteins (Scholes, 1992).

Gas exchanges. Inter and intra genotypic differences were found in CER, Cs, Ci and TR values of both infected and non-infected cacao genotypes. Infected Catongo was the cultivar showing lower gas exchange parameters (Table 3).

Studies with *H. vulgare* infected by *E. graminis* showed the occurrence of inhibition of the photosynthetic rate, increases in the respiratory rate, gradual loss of Chl molecules and decreases in the activity of photosynthetic enzymes (Scholes *et al.*, 1994). The decrease in CO₂ fixation can be attributed to necrosis caused by the fungus in some leaf regions as a consequence of the degradation of liposoluble pigments and of other compounds (Goodman *et al.*, 1986).

Orchard and Hardwick (1988) showed that the photosynthetic capacity of *T. cacao* leaves infected with *C. pernicioso* is affected in proportion to the infection severity. In different *Triticum* species infected with *P. graminis* f. sp. *tritici* the fall of CER was accompanied by alterations in the non-cyclic photosynthetic electron transport and Chl fluorescence emission (Berghaus *et al.*, 1987). In contrast, Ahmad *et al.* (1983) did not find changes in the electron transport in leaves of *H. vulgare* infected with *P. hordei*. These authors attributed the reduction of CER to decrease in leaf area, increase in the pathogen and/or host respiratory rates and/or inhibition

Table 3. Carbon exchange rate (CER), stomatal conductance (Cs), internal CO₂ concentration (Ci), transpiration rate (TR), leaf temperature (T_L) and photosynthetic active radiation (PAR) measured in mature leaves of two genotypes of *Theobroma cacao* infected and non-infected with *Crinipellis pernicioso*.

Parameters	CI	CC	HI	HC
CER (mmol m ⁻² s ⁻¹)	3.94 (± 0.21)b	4.64 (± 0.15)a	4.45 (± 0.18)a	4.29 (± 0.15)ab
Cs (mol m ⁻² s ⁻¹)	0.07 (± 0.005)c	0.10 (± 0.007)a	0.08 (± 0.006)b	0.09 (± 0.008)ab
Ci (mmol mol ⁻¹)	203 (± 8.77)b	217 (± 8.37)a	217 (± 7.27)a	216 (± 6.76)a
TR (mmol m ⁻² s ⁻¹)	1.64 (± 0.08)b	2.29 (± 0.08)a	2.08 (± 0.09)a	2.07 (± 0.09)a
T _L (°C)	36.4 (± 0.08)b	36.7 (± 0.06)ab	36.7 (± 0.12)ab	36.8 (± 0.11)a
PAR (mmol m ⁻² s ⁻¹)	693 (± 13.9)ab	703 (± 5.02)a	667 (± 9.34)b	692 (± 7.98)ab

Means followed by the same letter in the same line do not differ according to Duncan's Multiple Range Test (P ≤ 0.05). Mean values of 20 measurements (±s). CI: Catongo Infected, CC: Catongo control, HI: Hybrid infected, HC: Hybrid control.

of photochemical reactions. Furthermore, it was also found that the decrease in TR, in the infected leaves, was due to a resistance increase in the leaf hydric flux and/or reduction of the leaf water potential, implying in CER reductions.

Strong evidences have been found showing that variations in Cs are not entirely independent, they can be induced or, at least, modulated by events occurring in the mesophyll tissue (Wong et al., 1985). Inhibition of the photochemical activity is a possible cause for the decrease of CER under stress conditions (Stuhlfauth et al., 1988).

Conclusion

Catongo, the most affected genotype by *C. pernicioso* infection showed damages in the reaction centers of PS II associated with alteration in the biochemical reactions of photosynthesis. This fact contributed to the decline in the photochemical efficiency of PS II and the decrease of CER.

Literature Cited

- ALVIM, P. de T. 1977. Cacao. Ecophysiology of tropical crops. New York, Academic Press. pp. 279-313.
- AHMAD, I., FARRAR, J. F.; WHITBREAD, R. 1983. Photosynthesis and chloroplast functioning in leaves of barley infected with brown rust. *Physiological Plant Pathology* 23: 411-419.
- BAKER, N. R.; BRADBURY, M. 1981. Plants and the Day Light Spectrum. London, Academic Press pp. 355-373.
- BAKER, N. R. 1991. A possible role of photosystem II in environmental perturbations of photosynthesis. *Physiologia Plantarum* 81: 563-570.
- BALACHANDRAN, S.; OSMOND, C. B. 1994. Susceptibility of tobacco leaves to photoinhibition following infection with two strains of Tobacco Mosaic Virus under different light and nitrogen nutrition regimes. *Plant Physiology* 104: 1051-1057.
- BERGHAUS, R.; REISENER, H. J.; ARENZ, H. FRANCK, U. F. 1987. Changes in the Hill reaction and the chlorophyll fluorescence of chloroplasts isolated from wheat plants infected with stem rust (*Puccinia graminis* f. sp. *tritici*). *Journal of Phytopathology* 118: 123-30.
- BILGER, W.; SCHREIBER, U.; LANGE, O. L. 1987. Plant Response to Environmental Stress. New York, Academic Press. pp.391-399.
- BOLHÀR-NORDENKAMPF, H. R.; ÖQUIST, G. 1993. Photosynthesis and Production in a Changing Environment: :a field and laboratory manual. London, Chapman & Hall. pp.193-206.
- DEMMIG, B.; BJÖRKMAN, O. 1987. Comparison of the effect of excessive light on chlorophyll fluorescence (77K) and photon yield of O₂ evolution in leaves of higher plants. *Planta* 171: 171-184.
- FRIAS, G. A. 1987. An inoculation method to evaluate resistance to witches' broom disease of cacao. Ph.D. Thesis. Gainesville, University of Florida. 111p.
- GOODMAN, R. N.; KIRÁLY, Z.; WOOD, K. R. 1986. The biochemistry and physiology of plant disease. Columbia, University of Missouri Press. pp.1-74.
- HOAGLAND, D. R.; ARNON, D. I. 1950. The water culture method for growing plants without soil. Berkeley, University of California. Agricultural Experiment Station. 39p.
- IRELAND, C. R.; LONG, S. P.; BAKER, N. R. 1984. The relationship between carbon dioxide fixation and chlorophyll a fluorescence during induction of photosynthesis in maize leaves at different temperatures and carbon dioxide concentrations. *Planta* 160: 550-558.
- JENKINS, G. I. et al. 1981. Photosynthetic electrons transport during senescence of the primary leaves of *Phaseolus vulgaris* L. *Journal of Experimental Botany* 32: 999-1008.
- KRAUSE, G. H.; BEHREND, U. 1986. DpH-dependent chlorophyll fluorescence quenching indicating a mechanism of protection against photoinhibition of chloroplasts. *FEBS Letters*, 200(2), 298-302.
- KRAUSE, G.H. et al. 1990. On the mechanisms of photoinhibition in chloroplasts. Relationship between changes in fluorescence and activity of photosystem II. *Journal of Plant Physiology* 136: 472-479.
- KRAUSE, G.H. 1988. Photoinhibition of photosynthesis. An evaluation of damaging and protective mechanisms. *Physiologia Plantarum* 74: 566-574.
- MERKEL, V. et al. 1994. Light intensity influence on the characteristics of the photosynthetic apparatus from cocoa tree (*Theobroma cacao* L.) during leaf development. *In* Conference Internationale sur la Recherche Cacaoyere, 11, Yamou ssoukro, 1993. Actes. London, J. de Lafforest Transla-Inter. 645-653.

- OGAWA, T. 1982. Simple oscillations in photosynthesis of higher plants. *Biochimica Biophysica Acta* 681: 103-109.
- ÖGREN, E.; BAKER, N. R. 1985. Evaluation of a technique for the measurement of chlorophyll fluorescence from leaves exposed to continuous white light. *Plant Cell and Environment* 8: 539-547.
- ORCHARD, J. E.; HARDWICK, K. 1988. Photosynthesis, carbohydrate translocation and metabolism of host and fungal tissues in cacao seedlings infected with *Crinipellis pernicioso*. In *Conferencia Internacional de Investigacion in Cacao*, 10, Santo Domingo, Republica Dominicana, 1987. *Actas. Lagos, Nigéria, Cocoa Producer's Alliance*. pp. 325-330.
- PETERSON, R. B.; AYLOR, D. E. 1995. Chlorophyll fluorescence induction in leaves of *Phaseolus vulgaris* infected with bean rust (*Uromyces appendiculatus*). *Plant Physiology* 108: 163-171.
- RAGGI, V. 1995. CO₂ assimilation, respiration and chlorophyll fluorescence in peach leaves infected by *Taphrina deformans*. *Physiologia Plantarum* 93: 540-544.
- SAS INSTITUTE. 1987. SAS user's guide: statistics; version 5 edition. Cary, N.C. 956p.
- SCHOLES, J. D. 1992. Pest and pathogens: plant responses to foliar attack. Oxford, s.n.t. pp. 85-106.
- SCHOLES, J. D.; FARRAR, J. F. 1985. Photosynthesis and chloroplast functioning within individual pustules of *Uromyces muscari* on bluebell leaves. London; Academic Press. pp. 387-400.
- SCHOLES, J. D.; LEE, P. J.; HORTON, P.; LEWIS, D. H. 1994. Invertase: understanding changes in the photosynthetic and carbohydrate metabolism of barley leaves infected with powdery mildew. *New Phytologist* 126: 213-222.
- SCHREIBER, U.; BILGER, W.; NEUBAUER, C. 199-. Chlorophyll fluorescence as a non-intrusive indicator for rapid assessment of in vivo photosynthesis. s.n.t. 29p.
- STEEL, R.G.D.; TORRIE, J.H. 1980. Principles and procedures of statistics a biometrical approach. Auckland, McGraw-Hill. pp. 420-423.
- STUHLFAUTH, T. et al. 1988. Fluorescence quenching and gas exchange in a water stressed C₃ plant, *Digitalis lanata*. *Plant Physiology* 86: 246-250.
- WONG, S. C.; COWAN, I. R.; FARQUHAR, G. D. 1985. Leaf conductance in relation to rate of CO₂ assimilation. *Plant Physiology* 78: 830-834.

SELEÇÃO DE CULTIVARES CLONAIS SUPERIORES DE CACAUZEIROS PARA RONDÔNIA, BRASIL

Luiz Carlos de Almeida¹, Caio Márcio Vasconcellos Cordeiro de Almeida², Luiz Antônio dos Santos Dias³ e Jay Wallace da Silva e Mota⁴

¹Instituto Luterano de Ensino Superior de Ji-Paraná – ILES da Universidade Luterana do Brasil - ULBRA. Av. Universitária. 78.960-000, Ji-Paraná, Rondônia, Brasil; ²CEPLAC/Superintendência Regional da Amazônia Ocidental (SUPOC); ³UFV/Departamento de Biologia Geral/BIOAGRO; ⁴CEPLAC/Superintendência Regional da Amazônia Oriental (SUPOR).

A vassoura-de-bruxa do cacauzeiro (*Theobroma cacao* L), causada por *Crinipellis pernicioso* (Stahel) Singer, é o principal problema fitopatológico para a cacauicultura no Brasil. A forma mais efetiva e duradoura de controle de enfermidades em plantas é através do uso de variedades resistentes aos patógenos. A presente pesquisa objetivou identificar genótipos de cacau de interesse para o programa de melhoramento genético do cacauzeiro em desenvolvimento em Rondônia, Brasil. A pesquisa foi realizada na Estação Experimental Ouro Preto, pertencente à CEPLAC, localizada em Ouro Preto do Oeste, Rondônia. Foram utilizados 32 clones, selecionados para rendimento e resistência genética ao *C. pernicioso* no período de 1985-1987, num ensaio de híbridos de cacau. Tais seleções foram reavaliadas no período de 1997-2000 considerando as seguintes variáveis: resistência a vassoura-de-bruxa, sob alta pressão de inóculo, na fase juvenil, resistência a vassoura-de-bruxa na fase adulta e componentes de rendimento e compatibilidade. Observou-se performance agrônômica errática na avaliação da resistência à vassoura-de-bruxa na fase juvenil, de um ano para outro, na maioria dos materiais genéticos selecionados, evidenciando a necessidade de aperfeiçoamento da metodologia utilizada. Contudo, essa variação de performance agrônômica pode ser indicação de variabilidade na população do patógeno, devido a alta pressão do inóculo. A ausência de infecções em alguns materiais genéticos pode ser indicação de resistência vertical a determinados isolados do patógeno, assim como Seleções com baixos níveis de infecção, nos dois anos de avaliação, pode ser um indicativo de maior estabilidade da resistência. Quanto a avaliação da resistência à vassoura-de-bruxa na fase adulta, o desempenho agrônômico estável observado na maioria dos materiais genéticos, parece revelar a consistência das informações geradas e que as Seleções EEOP 23, 27, 40, 43, 49 e 50 devem apresentar, presumivelmente, em seu patrimônio genético, genes favoráveis que condicionam resistência ao *C. pernicioso*, devendo ser utilizadas, portanto, no programa de melhoramento genético do cacauzeiro como genitores potenciais para o desenvolvimento de variedades mais tolerantes a essa enfermidade. É factível também constituir-se variedade clonal superior levando-se em consideração, conjuntamente, componentes de produção, tolerância à vassoura-de-bruxa e origem genética das Seleções potenciais.

Palavras-chave: *Theobroma cacao*, *Crinipellis pernicioso*, seleção de variedades, fontes de resistência e componentes de rendimento

Superior Clonal Varieties Selections of Cocoa for Rondônia, Brazil. The witches' broom of cocoa (*Theobroma cacao* L.) caused by *Crinipellis pernicioso* (Stahel) Singer is the most serious disease to brazilian cocoa crop. The objective of this work was to identify cocoa genotypes of interest to cocoa breeding program for the resistance to pathogen in development in Rondônia, Brazil. The research was carried out at Experimental Station of CEPLAC in Ouro Preto do Oeste, Rondônia. In period 1985-1987 in hybrid cocoa experiment 32 cocoa clones were selected for production and resistance to *C. pernicioso*. These selections were evaluated for second time to resistance in young fase under high pressure of inoculum of the pathogen and resistance, productivity and genetic compatibility in adult fase in the period 1997-2000. In young fase the results showed absence of agronomic performance in the majority of the materials tested in the two years of avaluations. However, these results can be indicative of variability in the pathogen population due to high pressure of inoculum in the evaluated period. The absence of infections in some materials can be attributed to vertical resistance to some isolates of the pathogen, as well materials with low levels of infections in the evaluated period can be indicative of stability of resistance. In relation to resistance in adult fase, the agronomic performance stable in the majority of the materials avaluated can be indicative of consistency of the informations generated and the Seletions EEOP 23, 27, 40, 43, 49 and 50 have probably, genes for resistance to *C. pernicioso* and for this reason can be utilized in the cocoa breeding program as potential genitors in the development of varieties more tolerant to *C. pernicioso*.

Key words: *Theobroma cacao*, *Crinipellis pernicioso*, selections of varieties, resistance, production components

Introdução

A vassoura-de-bruxa do cacauzeiro (*Theobroma cacao* L), causada pelo basidiomiceto *Crinipellis perniciosa* (Stahel) Singer, é o principal problema fitopatológico para a cacauicultura no Brasil. Enfermidade de origem amazônica, foi relatada cientificamente pela primeira vez em 1895, no Suriname, e disseminada, posteriormente, para a Venezuela, Colômbia, Equador, Peru e ilhas do Caribe. Na Amazônia brasileira, a vassoura-de-bruxa é conhecida há mais de dois séculos nas plantações de cacauzeiros silvestres cultivadas às margens dos rios, onde a doença é endêmica e conhecida pelo nome de “lagartão”, devido aos ramos infectados e inchados se assemelharem a uma lagarta.

Com a implantação do PROCACAU – Diretrizes para a Expansão da Cacauicultura Nacional (CEPLAC, 1977), a partir de 1976, pelo Governo Federal, sob a coordenação da Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira - CEPLAC, a Amazônia brasileira tornou-se definitivamente uma importante região produtora de cacau. Este programa tinha como uma das metas a implantação de 160 mil hectares de cacauzeiros, em dez anos (1976-1985), em várias regiões da Amazônia, porém, por várias razões, foram implantados aproximadamente 110 mil hectares, sendo os Estados do Pará e Rondônia contemplados com cerca de 45 mil hectares cada.

C. perniciosa ocorre em tecidos em crescimento do cacauzeiro provocando os mais variados tipos de sintomas. Nos lançamentos foliares provoca o aparecimento de ramos inchados e brotações excessivas, formando as vassouras vegetativas; nas almofadas florais há o aparecimento de flores hipertrofiadas com pedicelos inchados, a formação de frutos ‘morangos’ e ‘cenouras’, que logo têm seu crescimento paralisado, além do desenvolvimento de vassouras vegetativas semelhantes àquelas formadas nos ramos; nos frutos mais desenvolvidos provoca a formação de manchas deprimidas, de cor escura, duras e de forma irregular, onde as sementes encontram-se podres e aderidas entre si, não servindo para comercialização.

O controle fitossanitário da doença na Amazônia é feito através de podas associadas ou não a aplicação de fungicidas cúpricos. A poda consiste na remoção dos tecidos infectados do cacauzeiro e o rigor na execução depende da severidade da doença. Em plantações onde o controle é feito anualmente, e da forma recomendada, as perdas podem ser inferiores a 10 % (Almeida e Andebrhan, 1988; Albuquerque et al., 1995; Almeida, 2000), permitindo ao produtor uma convivência econômica com a vassoura-de-bruxa. Em plantações intensamente infectadas, onde o controle não é realizado

por vários anos, as perdas são elevadas podendo atingir até 90% da produção. Nesses casos, visualizam-se, pelo menos, três anos de controle fitossanitário para a recuperação econômica da produção, isto é, elevar a produtividade para mais de 1.000 kg de amêndoas secas/hectare/ano, necessitando o produtor rural de recursos financeiros extras para investir na plantação.

A forma mais efetiva e duradoura de controle de doenças em plantas é através do uso de variedades resistentes aos patógenos. No caso do patossistema *T. cacao* x *C. perniciosa*, a CEPLAC vem desenvolvendo, desde a década de 70, na Amazônia, um programa para a obtenção de cultivares de cacau mais produtivos e resistentes ao citado patógeno (Fonseca et al., 1999). Também na Bahia, após o aparecimento da vassoura-de-bruxa em 1989, o Centro de Pesquisas do Cacau - CEPEC direcionou seu programa de melhoramento para a busca de variedades resistentes utilizando o processo de seleção recorrente (Pires et al., 1999). Como resultado dessas pesquisas, várias combinações híbridas de qualidades agrônomicas superiores, especialmente para produtividade e resistência, foram selecionadas e incorporadas às variedades híbridas de cacau distribuídas anualmente aos produtores rurais. Adicionalmente, têm-se distribuído, também, mais recentemente, variedades clonais como alternativa promissora para reduzir a incidência de vassoura-de-bruxa nas plantações (Pinto e Pires, 1998). Na comparação dos diferentes sistemas de seleção em cacau, a seleção clonal é a mais efetiva (Resende e Dias, 2000; Dias e Resende, 2001; Pereira, 2001).

A presente pesquisa objetiva identificar genótipos de cacau de interesse para o programa de melhoramento genético do cacauzeiro em Rondônia, Brasil, especialmente para constituir variedades clonais superiores em termos de componentes de rendimento e resistência genética ao *C. perniciosa*.

Materiais e Métodos

A pesquisa foi realizada na Estação Experimental Ouro Preto – ESTEX-OP, pertencente à CEPLAC e localizada no município de Ouro Preto do Oeste, Rondônia, às margens da Rodovia Marechal Cândido Rondon (BR 364), à 340 km de Porto Velho, no paralelo de 10°44’30” de latitude sul e meridiano de 62°13’30” de longitude oeste de Greenwich. Apresenta clima quente e úmido, com precipitação pluviométrica anual em torno de 1939,1 mm, havendo cerca de 80% de concentração de chuvas no período de novembro a abril; temperaturas médias mensais de 24,6°C e umidade relativa do ar com médias mensais

predominantemente superiores a 79% (Scerne et al., 2000).

Os seguintes procedimentos foram adotados na execução da pesquisa:

- Materiais Genéticos Avaliados

Na década de 80, por três anos consecutivos (1985-1987), foram avaliados, individualmente, 1.680 cacauzeiros pertencentes à 20 cruzamentos implantados em 1977, na ESTEX-OP, em um ensaio de avaliação de híbridos, de acordo com o delineamento em blocos casualizados, com sete repetições e 12 plantas por parcela. Mais detalhes destes cruzamentos são encontrados em Carvalho et al., 2001.

Desses cacauzeiros, 32 (1,9%) foram selecionados admitindo-se, por planta, médias iguais ou superiores a 5,0 kg de cacau úmido/ano e iguais ou inferiores a 15 pontos de infecções naturais de *C. perniciosa*/ano, considerando-se o somatório de vassouras vegetativas e de almofadas florais infectadas (Quadro 2). Tais pontos de infecção eram removidos, anualmente, na ocasião da poda fitossanitária. Como critério de seleção estabeleceu-se, também, condição normal de competitividade no período de avaliação em pauta, ou seja, plantas-mãe selecionadas circundadas por todos os cacauzeiros vizinhos, plantas essas a partir daqui denominadas Seleções EEOP (Estação Experimental Ouro Preto). Posteriormente, em face da baixa disponibilidade de gemas viáveis, apenas 24 materiais genéticos foram multiplicados com sucesso, via enxertia tipo borbúlia, visando as avaliações de resistência ao *C. perniciosa*, em viveiro, com maior número de componentes.

- Variáveis Utilizadas

i) Resistência à vassoura-de-bruxa sob alta pressão de inóculo - fase juvenil

Visando avaliar a resistência sob alta pressão de inóculo e com maior variabilidade possível de *C. perniciosa* das 24 Seleções mencionadas, foram colocadas mudas enxertadas em viveiro, a partir daqui denominado de vassoureiro, no período de dezembro a abril, dos anos de 1998 a 2000, período este correspondente a época de esporulação do *C. perniciosa* na região. As mudas enxertadas apresentavam entre 3 e 4 meses de idade e variaram numericamente de 10 a 28, em 1998/1999, e 10 mudas em 1999/2000, para cada Seleção. Para que todas as enxertos disponibilizassem tecidos meristemáticos (suscetíveis) na época de esporulação, procedeu-se, previamente, o corte de ramos plagiotrópicos das mudas que não apresentavam folhas novas. Nos dois períodos de avaliação utilizaram-se também enxertos do clone UF 613 como padrão de alta

suscetibilidade ao patógeno. O viveiro apresentava-se revestido com tela Saran com capacidade de interceptar aproximadamente 50% de luz, dimensões de 3,0 x 6,0 m e altura de 1,8 m.

A fim de promover uma condição ambiental de elevada produção de inóculo no vassoureiro, foram coletadas, em outubro de 1998, em diversos experimentos existentes na ESTEX-OP, cerca de 1000 vassouras vegetativas necróticas, as quais foram amarradas em fios de nylon de 10 em 10 cm, distribuídas em linhas distanciadas de 30 em 30 cm (40 vassouras/m²) e penduradas no interior do vassoureiro à cerca de 1,5 m do solo. Também, instalou-se um sistema de irrigação para manter a temperatura e umidade relativa do ar em condições apropriadas para esporulação do *C. perniciosa*. Estes procedimentos foram repetidos em outubro de 1999 para possibilitar a avaliação realizada no período de 1999/2000. Tal metodologia possibilitou: i) testar a resistência das Seleções em condição de maior variabilidade genética possível do patógeno existente na região; ii) proceder uma avaliação das Seleções em dois períodos consecutivos de geração do patógeno em virtude do mesmo apresentar reprodução sexuada e este fato contribuir de forma significativa para o aparecimento de novas raças e/ou isolados mais virulentos; iii) simular as condições epidemiológicas naturais de uma plantação de cacau altamente infectada e de elevada produção de inóculo.

Em maio, após a fase de inoculação natural em vassoureiro, as mudas foram transportadas para outro viveiro, também revestido com tela Saran, para o desenvolvimento de sintomas de infecção e avaliações posteriores. Como variável de resposta utilizou-se o índice de infecção por Seleção com base nas vassouras vegetativas, por serem estas as principais fontes de inóculo do patógeno (Andebrhan, 1984), definido conforme a seguir:

$$IF = \frac{N^{\circ} \text{ de mudas com vassouras vegetativas/Seleção}}{N^{\circ} \text{ total de mudas avaliadas}} \times 100$$

Onde IF = Índice de Infecção

ii) Resistência à vassoura-de-bruxa - fase adulta

A fim de proporcionar uma avaliação da resistência em campo em bases mais sólidas, registrou-se também a ocorrência natural de *C. perniciosa* nas plantas-mãe das Seleções EEOP, em setembro/outubro dos anos de 1997 a 1999, tendo por base o número de vassouras vegetativas e de almofadas florais infectadas, as quais eram retiradas em seguida.

iii) Componentes de produção e compatibilidade

Objetivando reunir informações agrônômicas sobre os componentes de produção das Seleções mencionadas,

registraram-se, também, em amostras de seis a dez frutos, as seguintes variáveis: número de sementes normais por fruto, peso individual das sementes úmidas e secas e proporção de polpa por fruto. Para se obter o peso individual das sementes secas utilizaram-se de 100 sementes normais retiradas, equitativamente, dos frutos amostrados, que foram despolpadas e levadas a estufa, à $105 \pm 1^\circ\text{C}$, durante 24 horas. Determinou-se também a condição de compatibilidade das Seleções com base em 40 polinizações realizadas manualmente num único dia, utilizando-se o processo convencional de proteção de flores (Carletto, 1946; Ruinard, 1963). Considerou-se como autocompatível as Seleções que apresentaram índice de pegamento de flores superior a 10%.

- Procedimentos estatísticos

Os dados relativos às características avaliadas no período de 1985-1987 foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilks. Os desvios de normalidade apresentados por algumas delas foram considerados apenas ligeiros, justificando o processamento das análises de variância com os dados originais. As análises em blocos casualizados com informação dentro de parcelas foram realizadas no programa SAS (SAS Institute, 1989), utilizando-se o procedimento GLM. Também com o uso SAS foram processadas as análises de correlação entre pares de características. Para comparação entre médias anuais de clones selecionados, obtidas nos períodos 1985-1987 e 1997-1999, utilizou-se o teste não-paramétrico de Brown-Mood, realizado com o procedimento NPAR1WAY do SAS. Este teste opera com escores médios, igualando a 1

os escores acima da média e a 0 aqueles abaixo dela, e apresenta a significância em valores correspondentes de qui-quadrado. As estimativas do coeficiente de repetibilidade entre os anos para as várias características avaliadas nos clones selecionados foram obtidas por análise de componentes principais aplicada à matriz de correlação, com o uso do programa GENES (Cruz, 2001).

Resultados e Discussão

i) Variabilidade genética entre e dentro de híbridos

Os resultados da análise de variância (Tabela 1) revelaram expressiva variabilidade genética entre médias de híbridos para todas as características avaliadas. Com exceção do número médio de frutos sadios por planta e do peso médio de sementes úmidas por fruto, as demais características também revelaram expressiva variabilidade dentro de híbridos. Situação como esta viabiliza a seleção entre e dentro de híbridos, como tem sido enfatizado por Dias (2001).

A associação entre características é importante, pois permite que se selecione um caráter de baixa herdabilidade, de difícil e custosa mensuração, a partir da seleção praticada sobre um segundo caráter de fácil avaliação, de mais alta herdabilidade e que esteja associado ao primeiro. Nesta situação, a seleção torna-se mais efetiva, devido ao melhoramento simultâneo de vários componentes (Dias e Resende, 2001). No único estudo envolvendo a aplicação da análise de trilha em caracteres avaliados em cacauzeiros híbridos, Almeida et al. (1994) mostraram que

Tabela 1 – Resumo das análises de variância e de correlação para componentes de produção e tolerância à vassoura-de-bruxa avaliados em 20 híbridos de cacauzeiros. CEPLAC/ESTEX-OP, Ouro Preto do Oeste, Rondônia.

Fontes de variação	GL	Quadrados médios (Período 1985 – 1987)					
		NFRP ¹	PSUP	PSUF	GL	VV	VA
Blocos	6	-	-	-	6	-	-
Híbridos	19	5975,92**	35,22**	3809,03**	19	1332,41**	1189,44**
Entre parcelas	114	552,68	4,79*	8,29	114	220,67**	450,75**
Dentro de parcelas	1278	451,89	3,84	7,05	1275	79,75	143,02
Médias		40,47	3,75	93,69		14,84	15,96
C.V. (%)		52,53	52,21	2,83		60,14	74,94
NFRP			0,98	-0,22		0,14	0,14
PSUP				-0,09		0,15	0,15
PSUF						0,03	0,04
VV							0,64

(¹) NFRP: número médio de frutos por planta; PSUP: peso médio das sementes úmidas por planta em kg; PSUF: peso médio das sementes úmidas por fruto em gramas; VV: número médio de vassouras vegetativas; VA: número médio de vassouras em almofadas florais. Valores de correlação significativos estão em negrito.

o número de frutos sadios por árvore está geneticamente correlacionado ao peso das amêndoas secas por árvore, ou seja, à produção por árvore e que, portanto, a seleção direta para o primeiro componente pode maximizar a seleção para a produção. No presente trabalho, a análise de correlação entre características (Tabela 1) também revelou forte associação entre o número de frutos e o peso de sementes úmidas por planta. Todavia, correlação apenas moderada ocorreu entre o número médio de vassouras vegetativas e o de almofadas florais.

ii) Resistência à vassoura-de-bruxa sob alta pressão de inóculo - fase juvenil

Os resultados mostraram a existência de variabilidade no índice de infecção (IF) das Seleções avaliadas, tanto intra Seleção, considerando as duas avaliações anuais, como inter Seleções, considerando os diferentes materiais genéticos (Tabela 3). No primeiro ano de avaliação (1999), observa-se que o IF apresentou amplitude de variação de 0,0% a 41,2%, com os menores valores médios registrados para as Seleções oriundas dos cruzamentos tendo os clones SCA 6 e IMC 67 como um dos genitores, sobretudo para as Seleções dos cruzamentos de SCA 6 x BE10, SCA 6 x BE 9, IMC 67 x BE 9 e IMC 67 x CA 4. Nessa fase, evidenciaram-se as seguintes Seleções: EEOP 26, 27, 30, 31, 34, 45, 49, 51, 52 e 54, especialmente o EEOP 49 (SCA 6 x BE 9) com IF = 0.

No segundo ano de avaliação (2000), o IF apresentou maior variabilidade, com amplitude de variação de 0,0% a 60,0% (Tabela 3). Evidencia-se que os menores valores médios de IF foram registrados para as Seleções provenientes dos cruzamentos de IMC 67 x BE 9 e POUND 12 x SIC 329 e que as seguintes Seleções tiveram destaque: EEOP 30, 31, 32, 36, 37, 45 e 46, especialmente EEOP 32 (IMC 67 x BE 9) e EEOP 36 (POUND 12 x SIC 329), cujas mudas não expressaram pontos de infecção (IF = 0).

No contexto dessas informações, evidencia-se que em virtude da performance agrônômica errática da maioria dos clones, a seleção deve ser baseada em mais de uma avaliação, objetivando obter maior consistência nos resultados experimentais. Estimativas de repetibilidade além de corresponderem ao limite superior da herdabilidade, permitem estimar o período mínimo de colheitas para se selecionar genótipos com acurácia (Dias e Kageyama, 1998). Para Rondônia, sob condições experimentais e empregando-se o coeficiente de repetibilidade, este período foi avaliado em três anos de registros anuais sucessivos do número de vassouras vegetativas e de almofadas, a partir do quinto ano de plantio (Carneiro et al. 2002). A propósito, as estimativas do coeficiente de repetibilidade ao nível de plantas para

todas as características avaliadas (Tabela 2) foram, em geral, de baixa magnitude, quando comparadas àquelas obtidas em outras pesquisas (Resende e Dias, 2000; Dias e Resende, 2001; 2002). Adicionalmente, a metodologia utilizada nesta pesquisa para inoculação natural de *C. pernicioso* deve sofrer, de ano para ano, a influência de fatores climáticos, tais como: temperatura, umidade relativa, ventos, dentre outros, além de não controlar a quantidade de basidiósporos sobre o hospedeiro. Nessa ótica, e arbitrando-se o valor médio de até 15% para o IF, nos dois anos de avaliação, como critério de seleção na fase juvenil, as seguintes Seleções tiveram destaque por apresentarem, presumivelmente, maior resistência ao *C. pernicioso*: EEOP 30, 31, 32, 34, 37, 45, 49 e 52 (Tabela 3).

Deve-se ressaltar que dentre os materiais genéticos em avaliação encontram-se as Seleções EEOP 25 e 26, segregantes de SCA-6 x ICS 1, híbrido este distribuído na Bahia sob a denominação de variedade Theobahia (Pinto e Pires, 1998) e que nos testes realizados apresentaram IF elevados nas duas avaliações, com valores de 41,2% e 40 % e de 13% e 20 %, respectivamente. Também, como já era esperado, o clone UF 613 expressou elevada suscetibilidade ao *C. pernicioso*, com IF de 75% e 70%, nas avaliações de 1999 e 2000, respectivamente.

A variação constatada nesta pesquisa nos IF de um ano para o outro pode ser indicativo de variabilidade genética na população do patógeno no período considerado. Também, a ausência de infecções em determinadas Seleções pode ser evidência de resistência vertical a certos isolados, naquele ano, semelhantemente ao constatado por Andebrhan e Almeida (1988), em pesquisas realizadas em Belém, Pará. Desta forma, supõe-se que a intensa produção de basidiocarpos verificada no vassoureiro no período de avaliação e a grande disponibilidade de tecidos suscetíveis nas mudas avaliadas asseguraram uma condição experimental que dificilmente possibilitaria o escape de mudas a esse tipo de inoculação.

iii) Resistência à vassoura-de-bruxa - fase adulta

A análise do caráter número de vassouras vegetativas (Tabela 3) revela respostas diferenciadas, como era esperado, para as plantas-mãe das Seleções, embora expressem valores pequenos. A comparação das médias dos dois períodos de avaliação (1985-1987 e 1997-1999) evidencia que tais Seleções apresentam performance agrônômica estável frente à vassoura-de-bruxa, devendo isso significar, provavelmente, maior resistência em campo ao *C. pernicioso*, especialmente considerando que tais períodos representam a fase de plena maturidade

Tabela 2 – Médias anuais para componentes de produção e tolerância à vassoura-de-bruxa de clones selecionados entre híbridos de cacauzeiros. CEPLAC/ESTEX-OP, Outro Preto do Oeste, Rondônia.

Clone	Características (período 1985 – 1987)										1997 – 1999				
	NFRP ¹		PSUP		PSUF		VV		VA		VV	VA			
	Clone	Híbrido	Clone	Híbrido	Clone	Híbrido	Clone	Híbrido	Clone	Híbrido	Clone	Clone			
EEOP 23	IMC 67	x	SIC 813	53,3	39,6	5,4	4,0	101,3	99,1	3,3	19,5	0,3	17,5	3,3	0,0
EEOP 24	SCA 6	x	ICS 1	60,7	60,8	5,6	5,6	92,3	92,5	4,3	13,4	9,3	27,1	2,0	46,3
EEOP 25	SCA 6	x	ICS 1	60,3	60,8	5,6	5,6	92,9	92,5	1,0	13,4	5,3	27,1	6,0	29,7
EEOP 26	SCA 6	x	ICS 1	61,7	60,8	5,7	5,6	92,4	92,5	3,3	13,4	4,7	27,1	3,3	13,3
EEOP 27	IMC 67	x	CA 4	58,7	24,9	6,2	2,6	105,6	105,1	2,0	16,7	0,0	18,5	1,3	1,0
EEOP 28	IMC 67	x	BE 9	95,0	31,8	10,3	3,4	108,4	108,3	6,3	12,3	7,7	16,2	4,7	0,7
EEOP 29	IMC 67	x	BE 9	47,0	31,8	5,1	3,4	108,5	108,3	5,7	12,3	4,7	16,2	1,8	0,0
EEOP 30	IMC 67	x	BE 9	54,3	31,8	5,9	3,4	108,7	108,3	5,3	12,3	6,0	16,2	0,7	4,7
EEOP 31	IMC 67	x	BE 9	46,3	31,8	5,0	3,4	108,0	108,3	7,3	12,3	7,0	16,2	0,7	2,0
EEOP 32	IMC 67	x	BE 9	53,3	31,8	5,8	3,4	108,8	108,3	9,0	12,3	6,0	16,2	0,0	0,7
EEOP 33	POUND 7	x	BE 10	103,3	42,1	9,0	3,7	87,1	87,0	0,0	12,5	12,0	16,9	3,3	0,0
EEOP 34	POUND 7	x	BE 10	79,0	42,1	6,9	3,7	87,3	87,0	3,5	12,5	10,0	16,9	4,0	0,0
EEOP 35	POUND 12	x	SIC 329	68,7	52,6	5,2	3,9	75,7	75,8	7,7	14,3	7,3	12,6	3,0	0,3
EEOP 36	POUND 12	x	SIC 329	72,3	52,6	5,5	3,9	76,1	75,8	8,0	14,3	6,3	12,6	5,0	1,0
EEOP 37	POUND 12	x	MA 14	63,7	41,2	5,7	3,7	89,5	89,2	1,0	8,9	6,3	8,6	0,7	0,0
EEOP 38	POUND 12	x	MA 14	57,3	41,2	5,1	3,7	89,0	89,2	1,7	8,9	1,7	8,6	7,3	0,7
EEOP 39	POUND 12	x	MA 14	66,3	41,2	5,9	3,7	89,0	89,2	6,0	8,9	9,0	8,6	1,7	1,0
EEOP 40	POUND 12	x	SIAL 505	79,3	44,9	7,0	4,0	88,3	88,5	7,7	16,2	2,7	13,8	0,7	1,0
EEOP 41	POUND 12	x	SIAL 505	68,3	44,9	6,0	4,0	87,8	88,5	3,3	15,9	4,7	13,8	2,0	0,0
EEOP 42	POUND 12	x	SIC 831	62,7	57,5	5,5	5,1	87,7	88,5	4,3	15,9	5,0	13,8	2,7	0,3
EEOP 43	POUND 12	x	SIC 831	82,0	57,5	7,3	5,1	89,0	88,5	5,3	15,9	2,7	13,8	5,3	1,7
EEOP 44	SCA 6	x	BE 9	57,5	42,0	5,5	4,0	95,7	94,9	4,7	9,2	4,0	13,9	2,3	7,3
EEOP 45	SCA 6	x	BE 9	72,3	42,0	6,9	4,0	95,4	94,9	5,0	9,2	7,7	13,9	3,0	2,0
EEOP 46	SCA 6	x	BE 9	61,7	42,0	5,9	4,0	95,6	94,9	4,3	9,2	5,3	13,9	4,0	10,0
EEOP 47	SCA 6	x	BE 9	103,3	42,0	9,8	4,0	94,9	94,9	4,0	9,2	8,7	13,9	6,0	19,0
EEOP 48	SCA 6	x	BE 9	53,7	42,0	5,1	4,0	95,0	94,9	1,7	9,2	5,3	13,9	3,7	7,0
EEOP 49	SCA 6	x	BE 9	61,0	42,0	5,8	4,0	95,1	94,9	3,7	9,2	3,3	13,9	0,7	0,7
EEOP 50	SCA 6	x	BE 10	89,3	42,0	8,0	3,8	89,6	89,6	0,7	5,8	4,3	13,7	2,3	3,3
EEOP 51	SCA 6	x	BE 10	65,0	42,0	5,8	3,8	89,2	89,6	4,7	5,8	7,3	13,7	3,3	15,3
EEOP 52	SCA 6	x	BE 10	72,0	42,0	6,5	3,8	90,3	89,6	2,0	5,8	5,0	13,7	5,0	11,0
EEOP 53	SCA 6	x	BE 10	61,7	42,0	5,5	3,8	89,1	89,6	5,3	5,8	9,7	13,7	9,0	28,0
EEOP 54	SCA 6	x	BE 10	61,7	42,0	5,5	3,8	89,1	89,6	3,3	5,8	7,3	13,7	4,3	60,0
Médias				67,3	40,5	6,2	3,8	93,5	93,7	4,3	14,8	5,7	16,0	6,0	8,4
Qui-quadrado				38,40		31,67				35,00		23,75		22,08	48,44*
Repetibilidade				0,22		0,24				0,13		0,22		0,19	0,59

(1) NFRP: número médio de frutos por planta; PSUP: peso médio das sementes úmidas por planta em kg; PSUF: peso médio das sementes úmidas por fruto em grammas; VV: número médio de vassouras vegetativas; VA: número médio de vassouras em almofadas florais. * P < 0,05 e **P < 0,01, pelo teste Qui-quadrado, com 31 graus de liberdade.

Tabela 3 – Médias anuais de vassouras vegetativas de clones selecionados entre híbridos de cacauzeiros. CEPLAC/ESTEX-OP, Ouro Preto do Oeste, Rondônia.

Clone	Fase adulta				Fase juvenil (IF %)*						
	1985	1986	1987	Médias	1997	1998	1999	Médias	1999	2000	Médias
EEOP 23	4,0	6,0	0,0	3,3	5,0	0,0	5,0	3,3	NA	NA	NA
EEOP 24	3,0	3,0	7,0	4,3	3,0	1,0	2,0	2,0	NA	NA	NA
EEOP 25	1,0	2,0	0,0	1,0	3,0	4,0	11,0	6,6	41,2	40,0	40,6
EEOP 26	5,0	5,0	0,0	3,3	8,0	1,0	1,0	3,3	13,0	20,0	16,5
EEOP 27	5,0	1,0	0,0	2,0	0,0	0,0	4,0	1,3	9,1	50,0	29,6
EEOP 28	6,0	7,0	6,0	6,3	5,0	1,0	8,0	4,7	NA	NA	NA
EEOP 29	1,0	3,0	13,0	5,7	3,0	0,0	4,0	1,8	19,0	30,0	24,5
EEOP 30	2,0	11,0	3,0	5,3	0,0	0,0	2,0	0,7	12,5	10,0	11,2
EEOP 31	3,0	3,0	16,0	7,3	0,0	0,0	2,0	0,7	9,5	10,0	9,8
EEOP 32	10,0	2,0	15,0	9,0	0,0	0,0	0,0	0,0	20,8	0,0	10,4
EEOP 33	SI	0,0	0,0	0,0	7,0	0,0	3,0	3,3	27,8	20,0	23,9
EEOP 34	SI	7,0	0,0	3,5	8,0	0,0	4,0	4,0	5,3	20,0	12,6
EEOP 35	7,0	6,0	10,0	7,7	5,0	0,0	4,0	3,0	35,7	30,0	32,8
EEOP 36	6,0	17,0	1,0	8,0	0,0	0,0	15,0	5,0	41,2	0,0	20,6
EEOP 37	0,0	2,0	1,0	1,0	1,0	0,0	1,0	0,7	20,0	10,0	15,0
EEOP 38	1,0	4,0	0,0	1,7	0,0	0,0	22,0	7,3	NA	NA	NA
EEOP 39	0,0	7,0	11,0	6,0	0,0	0,0	5,0	1,7	25,0	40,0	32,5
EEOP 40	6,0	7,0	10,0	7,7	0,0	0,0	2,0	0,7	21,0	60,0	40,5
EEOP 41	5,0	0,0	5,0	3,3	2,0	0,0	4,0	2,0	20,0	50,0	35,0
EEOP 42	4,0	4,0	5,0	4,3	7,0	0,0	1,0	2,7	17,8	50,0	33,9
EEOP 43	3,0	10,0	3,0	5,3	8,0	0,0	8,0	5,3	30,0	40,0	35,0
EEOP 44	0,0	2,0	12,0	4,7	7,0	0,0	0,0	2,3	23,5	40,0	31,8
EEOP 45	4,0	1,0	10,0	5,0	4,0	0,0	5,0	3,0	4,0	10,0	7,0
EEOP 46	0,0	6,0	7,0	4,3	5,0	0,0	7,0	4,0	25,0	10,0	17,5
EEOP 47	2,0	2,0	8,0	4,0	1,0	1,0	16,0	6,0	NA	NA	NA
EEOP 48	3,0	0,0	2,0	1,7	0,0	3,0	8,0	3,7	NA	NA	NA
EEOP 49	0,0	4,0	7,0	3,7	0,0	0,0	2,0	0,7	0,0	30,0	15,0
EEOP 50	2,0	0,0	0,0	0,7	5,0	0,0	2,0	2,3	NA	NA	NA
EEOP 51	0,0	0,0	14,0	4,7	2,0	0,0	8,0	3,3	4,8	50,0	27,4
EEOP 52	0,0	1,0	5,0	2,0	0,0	0,0	15,0	5,0	9,1	20,0	14,6
EEOP 53	0,0	0,0	16,0	5,3	5,0	7,0	15,0	9,0	NA	NA	NA
EEOP 54	0,0	10,0	0,0	3,3	3,0	0,0	10,0	4,3	4,2	30,0	17,1
UF 613	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	75,0	70,0	72,5
Médias	2,8	4,2	5,8	4,3	3,0	0,6	6,1	4,2			

(*) IF: Índice de infecção; SI: sem informação; NA: não avaliado.

fisiológica dos cacauzeiros: 1985 a 1987 – oito a dez anos de idade e 1997 a 1999 - 20 a 22 anos, quando as plantas expressam maior volume de tecidos meristemáticos (suscetíveis).

Quanto ao caráter número de almofadas florais infectadas pelo *C. pernicioso* observa-se, também, variabilidade em sua manifestação (Tabela 4), expressa tanto intra como inter Seleções. Contudo, a maioria das respostas confirma desempenho agrônômico consistente das Seleções quanto à provável resistência em campo ao patógeno em foco, excetuando o comportamento das EEOP 24, 25, 47, 51 e 53, que expressaram valores mais elevados nos anos de 1998 e 1999.

Considerando, simultaneamente, os caracteres número de vassouras vegetativas e de almofadas florais infectadas (Tabelas 3 e 4), e levando-se em conta o escore de até dez pontos de infecção para cada caráter, em cada ano de avaliação, observa-se que as Seleções EEOP 23, 27, 40, 43, 49 e 50 apresentaram, sistematicamente, no decurso dos períodos de avaliação, a mais baixa ocorrência de *C. pernicioso*. O escore estabelecido constitui um valor arbitrário, porém, perfeitamente aceitável para um programa de desenvolvimento de variedades superiores buscando resistência à vassoura-de-bruxa, considerando os elevados custos do controle cultural dessa enfermidade. Adicionalmente, segundo

Tabela 4 – Médias anuais de vassouras de almofadas florais de clones selecionados entre híbridos de cacauzeiros. CEPLAC/ESTEX-OP, Ouro Preto do Oeste, Rondônia.

Clone	Fase adulta				Fase juvenil (IF %)*			
	1985	1986	1987	Médias	1997	1998	1999	Médias
EEOP 23	1,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0
EEOP 24	6,0	7,0	15,0	9,3	9,0	41,0	89,0	46,3
EEOP 25	0,0	3,0	13,0	5,3	5,0	14,0	70,0	29,7
EEOP 26	1,0	3,0	10,0	4,7	2,0	11,0	27,0	13,3
EEOP 27	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	2,0	1,0
EEOP 28	5,0	3,0	15,0	7,7	1,0	1,0	0,0	0,7
EEOP 29	0,0	12,0	2,0	4,7	0,0	0,0	0,0	0,0
EEOP 30	0,0	7,0	11,0	6,0	0,0	7,0	7,0	4,7
EEOP 31	2,0	6,0	13,0	7,0	0,0	0,0	6,0	2,0
EEOP 32	4,0	10,0	4,0	6,0	0,0	1,0	1,0	0,7
EEOP 33	SI	16,0	8,0	12,0	0,0	0,0	0,0	0,0
EEOP 34	SI	5,0	15,0	10,0	0,0	0,0	0,0	0,0
EEOP 35	0,0	4,0	18,0	7,3	1,0	0,0	0,0	0,3
EEOP 36	1,0	14,0	4,0	6,3	0,0	0,0	3,0	1,0
EEOP 37	0,0	4,0	15,0	6,3	0,0	0,0	0,0	0,0
EEOP 38	0,0	5,0	0,0	1,7	0,0	0,0	2,0	0,7
EEOP 39	2,0	8,0	17,0	9,0	0,0	1,0	2,0	1,0
EEOP 40	0,0	8,0	0,0	2,7	0,0	3,0	0,0	1,0
EEOP 41	0,0	1,0	13,0	4,7	0,0	0,0	0,0	0,0
EEOP 42	0,0	2,0	13,0	5,0	0,0	1,0	0,0	0,3
EEOP 43	0,0	0,0	8,0	2,7	1,0	0,0	4,0	1,7
EEOP 44	0,0	5,0	7,0	4,0	0,0	10,0	12,0	7,3
EEOP 45	0,0	3,0	20,0	7,7	0,0	3,0	3,0	2,0
EEOP 46	1,0	3,0	12,0	5,3	0,0	10,0	20,0	10,0
EEOP 47	0,0	8,0	18,0	8,7	0,0	19,0	38,0	19,0
EEOP 48	1,0	2,0	13,0	5,3	0,0	19,0	2,0	7,0
EEOP 49	0,0	0,0	10,0	3,3	0,0	2,0	0,0	0,7
EEOP 50	2,0	5,0	6,0	4,3	0,0	7,0	3,0	3,3
EEOP 51	1,0	0,0	21,0	7,3	2,0	29,0	15,0	15,3
EEOP 52	0,0	0,0	15,0	5,0	1,0	11,0	21,0	11,0
EEOP 53	6,0	16,0	7,0	9,7	30,0	30,0	24,0	28,0
EEOP 54	0,0	2,0	20,0	7,3	2,0	4,0	12,0	6,0
Médias	1,1	5,1	10,7	5,7	1,7	7,0	11,3	6,7

(*) IF: Índice de infecção; SI: sem informação; NA: não avaliado.

Andebrhan (1987), a avaliação da resistência pela reação dos genótipos em campo constitui o método mais confiável enquanto não se obtiverem avanços sobre a biologia de *C. perniciosa*.

iv) Componentes de produção e compatibilidade

A análise dos dados médios anuais de componentes de produção (Tabela 5), do período de 1985 a 1987, revela que o caráter número de frutos por planta – NFRP variou de 46,3 a 103,3, com os valores mais expressivos (NFRP > 89,0) para as Seleções EEOP 28, 33, 47 e 50, as quais destacaram-se, também, para peso das sementes úmidas por planta – PSUP (> ou = 8,0 kg), que variou, em média, de 5,0 a 10,3 kg/ano. A variável peso das sementes úmidas

por fruto – PSUF apresentou amplitude de variação de 75,7 a 108,8 g, com valores mais expressivos (PSUF > 105,0 g) para as Seleções EEOP 27 a 32, todas descendentes de híbridos tendo o clone IMC 67 como um dos genitores.

Os caracteres determinados no período de 1998 a 2000 (Tabela 5) complementam as informações agrônomicas sobre as Seleções EEOP. O número de sementes normais por fruto – NSNF revelou grande variabilidade com valores extremos de 22,2 e 53,9. O peso individual da semente seca – PISS, preferido pela indústria chocolateira em torno de 1,0 g, expressou valores médios entre 0,60 e 1,26 g, com destaque para as Seleções EEOP 26, 27, 30, 32, 34 e 52 que

Tabela 5 – Médias de componentes de produção de clones selecionados entre híbridos de cacauzeiros. CEPLAC/ESTEX-OP, Ouro Preto do Oeste, Rondônia.

Clone	Período 1985 – 1987			Período 1998 – 2000			
	NFRP	PSUP	PSUF	NSNF ¹	PISS	PPFR	CNCP
EEOP 23	53,3	5,4	101,3	SI	SI	SI	AC
EEOP 24	60,7	5,6	92,3	45,0/8	1,03	31,2	AI
EEOP 25	60,3	5,6	92,9	43,4/6	1,05	27,5	AI
EEOP 26	61,7	5,7	92,4	35,4/10	1,16	33,0	AI
EEOP 27	58,7	6,2	105,6	42,9/8	1,26	24,8	AI
EEOP 28	95,0	10,3	108,4	53,9/10	SI	SI	AC
EEOP 29	47,0	5,1	108,5	44,7/10	SI	SI	AC
EEOP 30	54,3	5,9	108,7	42,9/8	1,1	26,7	AI
EEOP 31	46,3	5,0	108,0	SI	SI	SI	AC
EEOP 32	53,3	5,8	108,8	45,9/10	1,1	36,0	AI
EEOP 33	103,3	9,0	87,1	SI	SI	SI	AC
EEOP 34	79,0	6,9	87,3	28,0/10	1,14	41,2	AC
EEOP 35	68,7	5,2	75,7	SI	SI	SI	AC
EEOP 36	72,3	5,5	76,1	35,9/10	0,99	16,7	AI
EEOP 37	63,7	5,7	89,5	SI	SI	SI	AI
EEOP 38	57,3	5,1	89,0	SI	SI	SI	AI
EEOP 39	66,3	5,9	89,0	36,9/9	0,84	19,2	AI
EEOP 40	79,3	7,0	88,3	SI	SI	SI	AC
EEOP 41	68,3	6,0	87,8	47,5/10	0,79	30,8	AI
EEOP 42	62,7	5,5	87,7	45,8/9	0,86	24,6	AC
EEOP 43	82,0	7,3	89,0	34,7/10	0,82	33,3	AC
EEOP 44	57,5	5,5	95,7	34,8/8	0,91	47,5	AI
EEOP 45	72,3	6,9	95,4	36,1/10	0,87	33,9	AI
EEOP 46	61,7	5,9	95,6	40,3/10	0,79	32,4	AI
EEOP 47	103,3	9,8	94,9	34,4/10	0,87	28,4	AI
EEOP 48	53,7	5,1	95,0	41,1/10	0,6	25,3	AI
EEOP 49	61,0	5,8	95,1	40,8/10	0,89	32,2	AI
EEOP 50	89,3	8,0	89,6	22,2/10	0,95	29,9	AI
EEOP 51	65,0	5,8	89,2	37,6/8	0,76	36,6	AI
EEOP 52	72,0	6,5	90,3	24,5/10	1,18	28,1	AI
EEOP 53	61,7	5,5	89,1	28,8/10	0,96	30,6	AI
EEOP 54	61,7	5,5	89,1	27,3/10	0,86	17,1	AI
Médias	67,3	6,2	93,5				

(1) NSNF: número de sementes normais por fruto/Nº de frutos sadios na amostra; PISS: peso individual das sementes secas; PPFR: proporção de polpa por fruto; CNCP: condição de compatibilidade; AC: autocompatível; AI: auto-incompatível; SI: sem informações.

apresentaram valores iguais ou superiores a 1,1 g. A variável proporção de polpa por fruto – PPFR, de interesse para a indústria de processamento de derivados de cacau, apresentou uma variação de 16,7% a 47,5%, evidenciando a possibilidade de seleção para este caráter.

A presença de alelos de incompatibilidade em parte dos genitores que geraram as Seleções em foco, assim como a possibilidade deste fenômeno em limitar a fecundação natural e restringir o rendimento de plantas auto-incompatíveis motivaram a determinação da condição de compatibilidade dos genótipos selecionados. Os resultados obtidos (Tabela 4) mostram que das 32

Seleções avaliadas apenas dez (EEOP 23, 28, 29, 31, 33, 34, 35, 40, 42 e 43) revelaram-se como autocompatíveis (AC), com índices de pegamento de flores variando de 35% até 94%.

Em síntese, considerando-se, conjuntamente, os caracteres mais relevantes utilizados nesta pesquisa e as informações até agora disponíveis, evidencia-se a grande dificuldade em se selecionar genótipos que reúnam, simultaneamente, os atributos de maior interesse agrônomo. No entanto, é possível proceder-se a seleção de genótipos visando fins específicos, sobretudo para atender demandas do programa de melhoramento genético

do cacauzeiro. Por exemplo, as Seleções EEOP 43, 47 e 50, dentre as mais produtivas em 1985-1987, apresentam, em média, o caráter PISS abaixo de 1,0 g, sobretudo as duas primeiras, com valores abaixo de 0,9 g, fato não apreciado pela indústria chocolateira, tendo em vista as menores amêndoas apresentarem maior proporção de casca. No entanto, tais Seleções têm importância agrônômica no processo de incorporação de genes favoráveis para aumento de produtividade. As EEOP 27, 40 e 43, que apresentaram desempenho notável na fase adulta frente à vassoura-de-bruxa, nos dois períodos de avaliação, tornando-se fonte potencial para resistência genética a essa enfermidade, expressaram também IF elevado (>29,0%) na fase juvenil, contrariando as expectativas.

Finalmente, as EEOP 27, 28, 33, 34 e 50 foram escolhidas, preliminarmente, para constituírem variedades clonais que serão avaliadas em ensaios regionais, de acordo com delineamento experimental a ser definido, objetivando convalidar os resultados já obtidos. Isto deve-se ao fato de as avaliações de resistência à vassoura-de-bruxa na fase adulta e dos componentes de produção terem sido geradas com base em um único componente experimental (planta-mãe). Também, tais caracteres são de natureza poligênica, havendo grandes possibilidades de fatores ambientais interferirem na sua expressão. Adicionalmente, necessita-se avaliar tais Seleções numa gama maior de agrossistemas que represente a área de cultivo de cacau no Estado de Rondônia. Para re Seleção de tais clones, consideraram-se, conjuntamente, os seguintes critérios: PSUP mínimo de 6,2 kg/ano, PISS > 0,95 g (EEOP 27, 34 e 50) e máximo de 15 pontos de infecção/ano considerando o somatório de vassouras vegetativas e de almofadas florais infectadas. Observou-se, também, a origem genética das Seleções, de modo a permitir a constituição de uma variedade multiclonal com diferentes fontes de resistência ao *C. pernicioso*: EEOP 27 (IMC 67 x CA 4), EEOP 28 (IMC 67 x BE 9), EEOP 33 e 34 (POUND 7 x BE 10) e EEOP 50 (SCA x BE 10). Na impossibilidade de se utilizar apenas Seleções autocompatíveis, considerou-se como de relevância estratégica o interescaonamento de Seleções AC (EEOP 28, 33 e 34) com AI (EEOP 27 e 50) e a inexistência de barreiras reprodutivas entre estas últimas, fato comprovado na prática. Desta forma, espera-se explorar o máximo do potencial produtivo das Seleções em foco e que as diferentes fontes utilizadas de resistência genética ao *C. pernicioso* possibilitem, também, ao produtor rural, uma convivência viável, em termos econômicos, com novas raças ou isolados mais virulentos.

Os resultados obtidos evidenciam também que em razão dos híbridos de cacau originarem-se, via-de-regra, do inter cruzamento de clones heterozigóticos, gerando, portanto, descendentes geneticamente diferentes, cada planta nessa geração é fonte potencial para estabelecimento de novo clone.

Conclusões

A performance agrônômica errática observada na avaliação da resistência à vassoura-de-bruxa na fase juvenil, de um ano para outro, sob condições naturais de infecção com alta pressão de inóculo, na maioria dos materiais genéticos selecionados, pode ser evidência de que a metodologia utilizada necessita de aperfeiçoamento, inclusive de se avaliar em mais de um ano de observação. Contudo, essa variação de performance agrônômica pode ser indicação de variabilidade na população do patógeno, devido a alta pressão do inóculo.

A ausência de infecções observada em alguns materiais genéticos selecionados pode ser indicação de resistência vertical a determinados isolados do patógeno, assim como Seleções com baixos níveis de infecção, nos dois anos de avaliação, podem ser um indicativo de maior estabilidade da resistência.

Quanto a avaliação da resistência à vassoura-de-bruxa na fase adulta, embora a pressão do inóculo no campo tenha sido significativamente menor que no vassouzeiro, o desempenho agrônômico estável observado na maioria dos materiais genéticos selecionados, parece revelar a consistência das informações geradas e que as Seleções EEOP 23, 27, 40, 43, 49 e 50 devem apresentar, presumivelmente, em seu patrimônio genético, genes favoráveis que condicionam resistência ao *C. pernicioso*, devendo ser utilizadas, portanto, no programa de melhoramento genético do cacauzeiro como genitores potenciais para o desenvolvimento de variedades mais tolerantes a essa enfermidade. É factível também constituir-se variedade clonal superior levando-se em consideração, conjuntamente, componentes de produção, tolerância à vassoura-de-bruxa e origem genética das Seleções potenciais.

Agradecimentos

Aos técnicos agrícolas Francisco Antônio Neto, José Raimundo Pires de Medeiros e Antônio de Almeida Lima pela participação na obtenção dos dados experimentais.

Literatura Citada

- ALBUQUERQUE, P. S. B.; MOTA, J. W.; ANDEBRHAN, T. 1995. Poda fitossanitária em roças de cacau (*Theobroma cacao*) com alta incidência de vassoura-de-bruxa (*Crinipellis pernicioso*) em Rondônia: aspectos técnicos e econômicos. *Agrotropica (Brasil)* 7 (2): 43-48.
- ALMEIDA, C. M. V. C. et al. 1994. Path analysis of yield components of cacao hybrids (*Theobroma cacao* L.). *Brazilian Journal of Genetics* 17: 181-186.
- ALMEIDA, L. C. de; ANDEBRHAN, T. 1988. Recuperação de plantações de cacau altamente infectadas por vassoura-de-bruxa na Amazônia brasileira. *Agrotropica (Brasil)* 1 (2): 133-136.
- ALMEIDA, L. C. de. 2000. Manejo integrado da vassoura-de-bruxa (*Crinipellis pernicioso*) do cacauzeiro (*Theobroma cacao*) no estado de Rondônia, Brasil. *Revista Ratio (Brasil)* 3: 27-33.
- ANDEBRHAN, T. 1984. Produção de basidiocarpos em relação ao controle fitossanitário. In Belém. CEPLAC/DEPEA. Informe Técnico de Pesquisa, 1984. pp.59-63.
- ANDEBRHAN, T. 1987. Cultural characteristics and biochemical reactions of isolates of *Crinipellis pernicioso*, causative agent of witches' broom disease of cocoa. In International Cocoa Research Conference, 10, Santo Domingo, Dominican Republic, 1987. Proceedings. Lagos, Nigéria, Cocoa Producers' Alliance. pp. 363-366.
- ANDEBRHAN, T.; ALMEIDA, L. C. 1988. Relação entre a concentração de basidiósporos de *C. pernicioso* e infecções em *Theobroma cacao*. *Fitopatologia Brasileira* 13 (12): 117.
- CARLETO, G. M. 1946. A polinização controlada na flor do cacauzeiro. Salvador, Instituto de Cacau da Bahia. Boletim Técnico nº 6. pp. 5-30.
- CARNEIRO, P. C. S. et al. 2002. Minimum period for evaluation of the resistance to witches' broom disease in hybrid cacao trees at Ouro Preto do Oeste, Rondônia, Brasil. In International Cocoa Research Conference, 13, Kota Kinabalu, Malásia, 2000. Proceedings. Lagos, Cocoa Producers' Alliance. pp. 663-668.
- CARVALHO, C. G. P. de, et al. 2001. Avaliação e seleção de híbridos de cacauzeiro em Rondônia. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 36 (8): 1043-1051.
- COMISSÃO EXECUTIVA DO PLANO DA LAVOURA CACAUEIRA. 1977. Diretrizes para a Expansão da Cacaucultura Nacional 1976-1985. PROCACAU. Brasília. 200p.
- CRUZ, C. D. 2001. Programa GENES versão windows: aplicativo computacional em genética e estatística. Viçosa, Editora UFV. 648p.
- DIAS, L. A. S. 2001. Novos rumos no melhoramento. In: Dias, L.A.S. (ed.) Melhoramento genético do cacauzeiro. Viçosa, FUNAPE. pp. 531-578.
- DIAS, L. A. S. e KAGEYAMA, P. Y. 1998. Repeatability and minimum harvest period of cacao (*Theobroma cacao* L.) in Southern Bahia. *Euphytica* 102(1): 29-35.
- DIAS, L. A. S.; RESENDE, M. D. V. 2001. Estratégias e métodos de seleção. In: Dias, L.A.S. (ed.) Melhoramento genético do cacauzeiro. Viçosa, FUNAPE. pp. 217-287.
- DIAS, L. A. S.; RESENDE, M. D. V. 2002. Estimation of genetic parameters and prediction of breeding values by mixed model in the cacao improvement. In International Cocoa Research Conference, 13, Kota Kinabalu, Malásia, 2000. Proceedings. Lagos, Cocoa Producers' Alliance. pp. 189-194.
- FONSECA, S. E. A. et al. 1999. A contribuição das pesquisas na Amazônia brasileira para resistência do cacauzeiro às doenças. In International Workshop of the Contribution of Disease Resistance to Cocoa Variety Improvement, 1996, Salvador, Proceedings. Reading, INGENIC. pp. 103-106.
- PEREIRA, A. B. 2001. Melhoramento clonal. In: Dias, L.A.S. (ed.) Melhoramento genético do cacauzeiro. Viçosa, FUNAPE. pp.361-384.
- PINTO, L. R. M.; PIRES, J. L. 1998. Seleção de plantas de cacau resistentes a vassoura-de-bruxa. CEPLAC/CEPEC. Ilhéus. Boletim Técnico nº 181. 35p.
- PIRES, J. L. et al. 1999. Cocoa breeding for witches' broom resistance at CEPEC, Bahia, Brazil. In: International Workshop of the Contribution of Disease Resistance to Cocoa Variety Improvement, 1996, Salvador, Proceedings. Reading, INGENIC. pp.91-101.
- RESENDE, M. D. V.; DIAS, L. A. S. 2000. Aplicação da metodologia de modelos mistos (REML/BLUP) na estimação de parâmetros genéticos e predição de valores genéticos aditivos e genotípicos em espécies frutíferas. *Revista Brasileira de Fruticultura* 22(1): 44-52.

- RUINARD, J. 1963. A contribution to the technique of hand-pollination in cacao. *Tropical Agriculture (Trinidad)* 40 (4): 285-286.
- SAS Institute 1989. SAS/STAT user's guide, version 6, fourth edition, volume 2. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA. 846p.
- SCERNE, R. M. C. et al. 2000. Aspectos Agroclimáticos do Município de Ouro Preto D'Oeste – RO: Atualização Quinquenal. Belém. CEPLAC/SUPOC. Boletim Técnico 17. 48p.

EFFECT OF PACLOBUTRAZOL DRENCHING ON GROWTH OF MICROPROPAGATED AND SEEDLING PLANTLETS OF 12 CITRUS CULTIVARS

I. P. Singh¹, V. A. Parthasarathy² and P. J. Handique³

¹NRC for Citrus, P.B. 464, Shankarnagar P.O., Amravati Road, Nagpur 44 0010; ²Head, Crop Improvement, CPCRI, Kasargod, Kerala-671124; ³Department of Biotechnology, Gauhati University, Guwahati -781014.

Paclobutrazol (0, 5, 25, 50 and 100 mg/plant) was applied to soil in potted plants of 12 citrus cultivars propagated by tissue culture and seedlings. Required quantity of active ingredient of paclobutrazol was applied in 100 ml of water around the base in polythene bags and control plants were given 100 ml of water. The treatments were applied on 4 month old seedling. Six randomly selected plantlets were used for recording morphological observations at the age of one year. Results indicated that all citrus types were sensitive to paclobutrazol. Overall growth of seedlings was checked by paclobutrazol application. Treated plants produced shorter internode, shorter/thicker roots and reduced plant height and dry weight. Micropropagated plants seem less responsive to paclobutrazol than seedlings this might result in an increase in secondary roots of seedlings at early stage than micropropagated plantlets, which helped plants in absorption of paclobutrazol.

Key words: herbicides, plant physiology

Efeito da rega de paclobutrazol no crescimento de plântulas micropropagadas e mudas seminais de doze cultivares de Citros. Paclobutrazol (0, 5, 25, 50 e 100 mg/planta) foi aplicado no solo em plantas envazadas de 12 cultivares de Citrus propagadas por cultura de tecido e mudas seminais. A quantidade do ingrediente ativo de paclobutrazol foi diluído em 100ml de água e aplicado ao redor da base em sacos de polietileno e as plantas testemunhas receberam 100ml de água. Os tratamentos foram aplicados em mudas com 4 meses de idade. Seis mudas selecionadas ao acaso foram usadas para anotações das observações morfológicas na idade de 1 ano. Os resultados indicaram que todos os tipos de Citros foram sensíveis ao paclobutrazol. O crescimento das mudas foi paralisado pela aplicação do paclobutrazol. As plantas tratadas apresentaram internódios mais curtos, raízes mais curtas e mais espessas, o peso seco e altura das plantas foram reduzidos. As plantas micropropagadas parecem ser menos sensíveis ao paclobutrazol do que as mudas seminais, podendo resultar num incremento de raízes secundárias das plântulas num estágio mais cedo do que as mudas micropropagadas, o que contribuiu na absorção do paclobutrazol pelas plantas.

Palavras-chave: herbicida, fisiologia vegetal

Introduction

Citrus is a major fruit crop of North Eastern Hills (NEH) Region of India. There is huge demand of planting material. Non availability of scientifically propagated planting material from elite clones for plantations are the main constraints in citrus cultivation. In recent years, tissue culture techniques (micropropagation) are increasingly used for rapid clonal propagation of several economic plants, restoration of vigour and yield cleaning of plant materials and preservation of germplasm. However information on performance of tissue culture plants are lacking. Besides, bioregulators like paclobutrazol (PCB) play a very important role in fruit production. Its application has been consistently documented as an effective retardant of vegetative growth in citrus (Hazarika *et al.* 2000; Hazarika *et al.* 2001; Monelise, 1986; Yelenosky *et al.*, 1995; Miner and Sanyu, 1996 and Matt and Timings, 1998) Therefore, the present experiment were planned and the effect of various treatment were investigated.

Materials and Methods

A large number of plantlets obtained through micropropagation and through seeds of 12 citrus cultivars of same age group were transplanted in polythene bag containing 1:1 soil and FYM mixture after 40 days of rooting/germination. Weeding and spraying of insecticides were done at regular interval to protect the plantlets from insects and pests. The experiment was conducted at the Biotechnology laboratory of ICAR Research Complex for NEH Region, Umiam, Meghalaya, using 4-month-old plantlets of 12 citrus cultivars, which were kept in open sky after hardening. The experiment consisted of 5 levels of paclobutrazol (0, 5, 25, 50 and 100 mg/plant) as soil drench. The required quantity of PCB active ingredient was dissolved in water and 100ml of the PCB solution was applied around the stem base in each polythene bag as soil drenching. Control plants were given an application of 100ml water. The experiments were laid out in factorial design replicated 3 times. Six randomly plantlets were selected for morphological observations at the age of one year. Plant characters were recorded for shoot and root length, number of leaves, taproots and secondary roots and shoot, root and plant weight. The data were subjected to statistical analysis as described earlier

(Parthasarathy and Nagaraju, 1998). The data were analysed by pooled analysis and presented in the tables.

Twelve important citrus cultivars mostly indigenous to NEH Region were selected for this study, including *C.volkameriana* as control (Table 1).

Results and Discussion

The data presented in Table 2 indicate marked variation in growth of plant parts in all the materials due to paclobutrazol drenching. Plant height was significantly reduced by paclobutrazol (PCB). Decrease in plant height, number of leaves, root length, stem diameter, length of internode, leaf area, number of secondary roots and plant dry weight were recorded with increasing concentrations of PCB. However the thick root percentage increased with increasing concentration of PCB. Highest thick roots (68.93 %) were observed with 100mg paclobutrazol drenching.

Mean growth parameters of planting material as influenced by paclobutrazol drenching are given in Table 3. Highly significant differences among the genotypes were observed for all the traits indicating a wide range of variation among the genotypes. Among the cultivars maximum thick roots percentage was observed in SOB (55.13) followed by KM (46.27) and SLS (43.46). It indicates that these cultivars are more responsive to paclobutrazol.

Interaction between cultivars and paclobutrazol drenching planting materials indicated that there were significant variations for all characters studied. PCB significantly influenced all the characters. At higher (100 mg/plant) concentration, number of secondary roots was significantly reduced in the all cultivars.

Table 1. Cultivars selected for the study.

Sl.No	Cultivars (Species)	Abbreviations
i.	Satkara (<i>Citrus macroptera</i> Mont.)	SAT
ii.	Khasi papeda (<i>Citrus latipes</i> Tanaka)	LAT
iii.	Sweet lime (<i>Citrus limettioides</i> Tanaka)	SLS
iv.	Soh Bitara (<i>Citrus sinensis</i> Osbeck)	SOB
v.	Indian wild orange (<i>Citrus indica</i> Tanaka)	I
vi.	Ada Jamir (<i>Citrus assamensis</i> Dutta & Bhattacharya)	ADA
vii.	Khasi mandarin (<i>Citrus reticulata</i> Blanco)	KM
viii.	Soh myndong (<i>Citrus Jambhiri</i> Lush)	SM
ix.	Jaintia lemon (<i>Citrus limon</i> Burm)	JL
x.	Pummelo (<i>Citrus grandis</i> Osbeck)	P
xi.	Assam lemon (<i>Citrus limon</i> Burm)	AL
xii.	Volkamer Lemon (<i>Citrus volkameriana</i> Pasq.)	CV

Table 2. Mean effect of paclobutrazol drenching on growth of planting material (Pooled analysis).

Sl. No.	Paclobu - trazol (mg/plant)	Plant Height (cm)	No. of leaves	Root length (cm)	Stem Diameter (mm)	Length of internode (mm)	Leaf area (cm ²)	No. of secondary roots	% of thick roots	Plant Dry wt. (g)			
										Stem	Leaves	Roots	Total
1	C	25.15	25.54	24.14	3.74	8.76	20.27	72.76	0.00	1.14	1.48	1.4	4.02
2	5 mg	23.99	24.47	23.33	3.70	8.31	19.59	70.34	16.21	0.98	1.29	1.17	3.44
3	25 mg	19.77	21.76	21.35	3.36	6.99	17.08	55.51	36.31	0.79	0.96	0.87	2.62
4	50 mg	16.51	18.90	19.62	3.03	6.13	15.05	46.88	50.64	0.62	0.78	0.70	2.1
5	100 mg	11.99	15.65	15.80	2.45	4.35	10.17	31.61	68.93	0.38	0.58	0.54	1.5
	SEm ±	0.13	0.109	1.21	0.012	0.05	0.07	2.08	3.35	0.007	0.008	0.007	0.11
	C.D. (P=0.05)	0.36	0.3	3.35	0.033	0.138	0.19	5.76	5.28	0.02	0.022	0.02	0.30

Table 3. Mean growth parameters of planting material as influence by paclobutrazol drenching (Pooled analysis).

Sl. No.	Cultivars	Plant Height (cm)	No. of leaves	Root length (cm)	Stem Diameter (mm)	Length of internode (mm)	Leaf area (cm ²)	No. of secondary roots	% of thick roots	Plant Dry wt. (g)			
										Stem	Leaves	Roots	Total
1	SAT	8.88	15.71	11.88	2.51	3.75	10.09	49.70	37.64	0.38	0.58	0.44	1.40
2	LAT	24.34	26.25	25.64	3.98	10.18	12.97	52.72	29.53	1.40	1.09	1.52	4.01
3	SLS	19.77	20.87	21.49	2.06	6.97	21.55	49.35	43.46	0.40	0.82	0.72	1.94
4	SOB	17.61	23.09	29.46	2.71	5.18	12.08	54.67	55.13	0.82	1.17	1.28	3.27
5	I	11.68	16.91	18.71	2.37	3.75	11.06	37.33	22.53	0.14	0.31	0.21	0.66
6	ADA	16.87	17.60	19.67	3.68	3.92	32.52	52.57	34.72	1.07	1.32	1.07	3.46
7	KM	11.46	18.90	16.52	2.01	3.72	6.75	50.20	46.27	0.21	0.53	0.35	1.09
8	SM	23.93	27.05	18.64	3.65	8.02	15.01	62.90	37.60	1.53	1.97	1.51	5.01
9	JL	32.25	25.37	27.29	4.43	10.22	21.29	72.31	23.26	1.03	1.34	1.15	3.52
10	P	22.68	20.96	25.55	3.79	9.47	18.80	62.86	23.76	0.92	1.17	1.51	3.60
11	CV	21.50	22.28	24.12	3.30	8.43	16.93	48.86	33.31	0.33	0.59	0.46	1.38
12	AL	22.81	20.17	20.39	3.58	9.32	18.09	71.60	27.24	1.19	1.32	1.02	3.53
	SEm ±	0.19	0.17	1.87	0.019	0.07	0.11	3.23	5.19	0.011	0.014	0.01	0.17
	C.D (P=0.05)	0.53	0.47	5.18	0.053	0.19	0.30	8.95	14.37	0.03	0.038	0.03	0.47

Mean growth of seedling and micropropagated plantlets of citrus under influence of paclobutrazol drenching presented in Table 4 indicated significant differences in all characters studied except root length and thick root percentage. It is clear from the table that seedlings are more sensitive to paclobutrazol than micropropagated ones.

Data pertaining to interaction between paclobutrazol drenching and method of propagation are given in Table 5. The results showed that increasing concentration of paclobutrazol significantly influenced all the characters except root length, number of secondary roots and plant total dry weight. At higher concentrations seedling height was reduced more than micropropagated ones.

Interactions between cultivars and method of propagation were also significant except for root length and total plant weight (Table 6). The results indicated that paclobutrazol significantly decrease plant height, number of leaves, leaf area, number of secondary roots and dry weight of stem, leaves and roots with increasing concentration in all cultivars. However the response was more pronounced on seedling than micropropagated ones. Paclobutrazol induced inhibition of secondary roots in all cultivars.

In general there has been a significantly decrease in all characters studied with increasing concentrations of paclobutrazol (PCB) except thickroots. Paclobutrazol appeared to have interactive effects on growth of citrus

Table 4. Mean growth of seedlings and micropropagated plantlets of citrus under influence of paclobutrazol Drenching (Pooled analysis).

Sl. No.	Method of propagation	Plant Height (cm)	No. of leaves	Root length (cm)	Stem Diameter (mm)	Length of internode (mm)	Leaf area (cm ²)	No. of secondary roots	% of thick roots	Plant Dry wt. (g)			
										Stem	Leaves	Roots	Total
1	Seedling	17.38	19.67	20.84	3.20	6.79	16.08	52.08	34.19	0.73	0.97	0.87	2.57
2	Micropropagated	21.59	22.86	22.06	3.31	7.03	16.78	58.77	34.89	0.84	1.07	1.00	2.91
	SEm ±	0.08	0.06	0.76	0.007	0.03	0.05	1.32	2.12	0.004	0.005	0.005	0.07
	C.D. (P= 0.05)	0.22	0.17	NS	0.019	0.08	0.138	3.65	5.87	0.011	0.014	0.014	0.19

Table 5. Interaction between paclobutrazol drenching and method of propagation.

Sl. No.	Paclobutrazol	Method of propagation	Plant Height (cm)	No. of leaves	Root length (cm)	Stem Diameter (mm)	Length of internode (mm)	Leaf area (cm ²)	No. of secondary roots	% of thick roots	Plant Dry wt. (g)			
											Stem	Leaves	Roots	Total
1	C	S	22.54	23.9	23.14	3.69	8.71	19.94	66.39	0.00	1.06	1.42	1.29	3.77
		M	27.76	27.17	25.13	3.80	8.81	20.60	79.14	0.00	1.23	1.55	1.51	4.29
2	5mg	S	21.72	22.77	22.20	3.66	8.26	19.36	64.39	17.02	0.93	1.24	1.08	3.25
		M	26.27	26.16	24.46	3.74	8.36	19.81	76.29	15.39	1.04	1.34	1.26	3.64
3	25mg	S	17.89	20.39	20.32	3.31	6.83	16.86	53.16	38.32	0.75	0.91	0.82	2.48
		M	21.63	23.14	22.39	3.42	7.16	17.29	57.16	35.49	0.84	1.01	0.92	2.77
4	50mg	S	14.76	17.47	18.28	2.96	5.96	14.64	45.53	52.23	0.58	0.74	0.66	1.98
		M	18.25	20.32	20.95	3.09	6.29	15.45	48.24	49.06	0.67	0.83	0.75	3.00
5	100mg	S	9.97	13.8	14.24	2.38	4.19	9.59	30.22	63.37	0.34	0.54	0.50	1.38
		M	14.01	17.49	17.37	2.51	4.52	10.76	32.99	54.48	0.42	0.62	0.59	1.63
	SEm ±		0.18	0.15	1.70	0.17	0.07	0.11	2.95	4.73	0.01	0.012	0.011	0.16
	C.D. (P= 0.05)		0.49	0.41	NS	0.47	0.19	0.30	NS	13.10	0.03	0.033	0.03	NS

plants. PCB affected vegetative growth of plantlets differently at two propagation regimes. Development of new and thicker roots near the soil surface and reduction in secondary fibrous roots as a result of soil drenching was common at higher concentration of PCB. These results show that paclobutrazol reduced the vegetative growth in citrus plantlets. Similar results were also recorded by some earlier workers (Vu and Yelenosky, 1992; Yelenosky et al., 1995; Minger and Sanyu, 1996; Okuda et al., 1994 and Matta and Tominga, 1998). Retardation of shoot growth involves a reduction in gibberellin level, since vegetative growth inhibition by paclobutrazol can be completely countered by GA application (Greene and Murray, 1983). Leaf number and leaf area per seedling was reduced by paclobutrazol (Singh, et al., 1999).

There were major differences in cultivar response to paclobutrazol. These results are in agreement with the

finding of Yelenosky et al. (1995) and Singh et al. (1999).

Total plant dry weight; dry weight leaves dry weight and root dry stem weight was reduced by paclobutrazol. These results are in conformity with the finding of Mehouchi et al., (1996), indicating that PCB inhibited dry weight of citrus rootstocks. PCB is also known to alter the source-sink relations in plant and directly or indirectly reallocates carbohydrates resources (Anon, 1984)

Plant growth retardants generally induce a shortening of the internodes of higher plants *in vivo* and some have additional effect such as reduction in leaf size and thickening of roots. All the citrus cultivars were sensitive to PCB, which caused a proliferation of shorter/thicker roots. Similar types of observation on variations in roots morphology at high level of PCB drenching were made by Steffens et al. (1995) And Vu and Yelenosky, 1992.

In general, responses to PCB were more pronounced

Table 6. Interaction between cultivar and method of propagation under influence of paclobutrazol drenching.

Sl. No.	Cultivar	Method of propagation	Plant Height (cm)	No. of leaves	Root length (cm)	Stem Diameter (mm)	Length of internode (mm)	Leaf area (cm ²)	No. of secondary roots	% of thick roots	Plant Dry wt. (g)			
											Stem	Leaves	Roots	Total
1	SAT	S	7.03	13.81	9.09	2.31	3.32	9.33	47.87	37.61	0.31	0.48	0.36	1.15
		M	10.75	17.61	14.66	2.71	4.17	10.87	51.53	37.67	0.45	0.68	0.52	1.65
2	LAT	S	24.01	25.29	25.35	3.89	9.68	12.72	49.73	31.07	1.37	1.06	1.49	3.92
		M	24.67	27.21	25.94	4.07	10.68	13.23	55.71	27.98	1.43	1.13	1.54	4.1
3	SLS	S	15.27	16.23	20.05	3.04	6.94	21.33	47.29	26.98	0.28	0.72	0.56	1.56
		M	24.26	25.51	22.95	3.08	6.99	21.77	51.41	59.95	0.52	0.91	0.89	2.3
4	SOB	S	13.57	21.61	20.73	2.66	5.07	11.68	51.27	56.53	0.71	1.01	1.23	2.95
		M	21.66	24.56	24.2	2.76	5.29	12.49	58.07	53.73	0.93	1.24	1.33	3.5
5	I	S	10.41	15.97	18.11	2.34	3.73	10.98	32.8	25.07	0.13	0.30	0.18	0.61
		M	12.94	17.85	19.31	2.39	3.77	11.15	41.87	20.00	0.15	0.33	0.23	0.71
6	ADA	S	16.38	16.87	19.1	3.64	3.92	32.08	51.07	36.27	1.03	1.28	1.02	3.33
		M	17.36	18.33	20.24	3.71	3.92	32.97	54.07	33.16	1.10	1.36	1.12	3.58
7	KM	S	10.13	17.73	15.25	1.97	3.68	6.65	37.07	48.00	0.19	0.51	0.32	1.02
		M	12.79	20.07	17.79	2.04	3.74	6.85	63.33	44.53	0.22	0.56	0.38	1.16
8	SM	S	20.73	24.73	17.09	3.61	7.95	14.74	60.6	38.55	1.49	1.92	1.38	4.79
		M	27.13	29.37	20.19	3.68	8.09	15.27	65.2	36.65	1.57	2.02	1.65	5.24
9	JL	S	30.94	24.53	26.2	4.36	10.19	20.77	70.83	23.76	0.96	1.30	1.10	3.36
		M	33.55	26.21	28.39	4.51	10.25	21.81	73.79	22.75	1.09	1.39	1.21	3.58
10	P	S	21.51	19.57	23.15	3.76	9.43	18.15	61.25	24.35	0.89	1.15	1.47	3.51
		M	23.86	22.35	23.95	3.82	9.52	19.45	64.47	23.17	0.95	1.19	1.55	3.69
11	CV	S	19.82	21.5	23.44	3.27	8.4	16.65	45.77	34.34	0.29	0.55	0.41	1.25
		M	23.19	23.07	24.81	3.33	8.46	17.21	51.96	32.29	0.36	0.62	0.52	1.5
12	AL	S	18.75	18.18	18.47	3.53	9.18	17.85	69.4	27.74	1.10	1.24	0.91	3.25
		M	26.87	22.16	22.31	3.63	9.47	18.33	73.8	26.74	1.28	1.40	1.12	3.8
SEm ±			0.27	0.23	2.64	0.27	0.11	0.16	4.57	7.34	0.015	0.019	0.017	0.25
C.D. (P= 0.05)			0.75	0.64	NS	0.75	0.30	0.44	12.66	20.33	0.041	0.053	0.047	NS

on seedling than micropropagated one. This may be attributed that at initial stage growth of seedling was more than micropropagated plants. Seedling had more number of secondary roots at the time of application of PCB, which may have increased the absorption of more PCB than plants with less secondary roots (micropropagated). However, at the age of one year maximum secondary roots were observed in micropropagated plantlets. That may be the reason for the better response of PCB on seedling than micropropagated one.

Literature Cited

- ANONYMOUS. 1984. Paclobutrazol, plant growth regulator for fruit. Technical data sheet. ICI, U.K.
- GREEN, D.W.; MURRAY, J. 1983. Effect of paclobutrazol and analogs on growth, fruit quality and storage potential of Delicious apple. Proceedings Plant Growth Regulator Society of America 10: 207-12.
- HAZARIKA, B.N.; PARTHASARATHY, V.A.; NAGARAJU, V. 2001. Influence of *in vitro* preconditioning of Citrus microshoots with paclobutrazol on *ex vitro* survival. Acta Botanica Croatica 60(1) (in press).
- HAZARIKA, B.N.; PARTHASARATHY, V.A.; NAGARAJU, V. 2000. Paclobutrazol induced biochemical changes in the microshoots of Citrus species. Folia Horticulturae 12 (in press).
- MATTA, M.; TOMINGA, S. 1998. Influence of application time of paclobutrazol on growth retardation in Ponkan (*C. reticulata* Blanco cv. Yoshida). Faculty of Ag.Kagoshima University, Bulletin n° 48. pp 1-6.
- MEHOUACHI, J. et al. 1996. Effect of gibberellic acid and paclobutrazol on growth and carbohydrate accumulation in shoots and roots of citrus rootstock seedlings. Journal Horticultural Science 71(5): 747-754.
- MINGER, Y.E.; SANYU, L.I. 1996. Effect of

- paclobutrazol on the growth of the late autumn shoots and physiological index of winter hardiness in Satsuma mandarin. *Acta Agriculturae Zhejiangensis* 8(1): 43-45.
- MONELISE, S.P. 1986. Growth retardation of Shoot and peel growth in citrus by paclobutrazol. *Acta Horticulturae* 179: 529-536.
- OKUDA, H. et al. 1994. Effect of annual foliar applications of paclobutrazol for 9 years on the growth, yield and fruit quality of Satsuma mandarin trees. *Bulletin Fruit Tree Research Station* 26: 61-69.
- PARTHASARATHY, V.A.; NAGARAJU, V. 1998. Effect of Benzylaminopurine on *in vitro* cultures of *Citrus* species from different mother plants. *Agrotrópica (Brasil)* 10: 139 -142.
- SINGH, I.P.; GOVIND, S.; MISHRA, M. 1999. Response of citrus seedling to spray and soil application to paclobutrazol. *In National Symposium on Citriculture, 1997. Proceedings. Nagpur.* pp. 156-159.
- STEFFENS, G.L. et al. 1985. Growth, carbohydrate and mineral element, status of shoot and spur leaves and fruits of Spartan apple trees treated with paclobutrazol. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 110: 850-855.
- VU, J.C.V.; YELENOSKY, G. 1992. Growth and photosynthesis of sweet orange plants treated with paclobutrazol. *Journal of Plant Growth Regulation* 11(2): 85-89.
- YELENOSKY, G.; VU, J.C.V. ; WETSCHER, H.K. 1995. Influence of paclobutrazol in the soil on growth, nutrient elements in the leaves, and flood/ freeze tolerance of citrus rootstock seedlings. *Journal of Plant Growth Regulation* 14(3): 129-134. ●

VARIABILIDADE E CORRELAÇÕES ENTRE CARACTERES MORFOLÓGICOS REPRODUTIVOS EM CULTIVARES DE COQUEIRO ANÃO (*Cocos nucifera* L., Var. NANA)

Wilson Menezes Aragão¹, Rachel Freire Boaventura², Roseny de R. B. Aragão² e Karina de B. R. Barros³

¹Embrapa Tabuleiros Costeiros, Av. Beira-Mar, 3250, Caixa Postal 44, 49001-970, Aracaju, Sergipe, Brasil; E-mail: wilson@cpatc.embrapa.br

²Universidade Tiradentes; ³Universidade Federal de Sergipe.

Este trabalho objetivou caracterizar a variabilidade e a associação entre caracteres morfológicos reprodutivos em cultivares de coqueiro anão. Foi conduzido no Banco Ativo de Germoplasma de Coco (BAG de coco), no Campo Experimental do Betume (Embrapa/CPATC), Neópolis/SE, empregando as seguintes cultivares de coqueiro anão: Amarelo do Brasil de Gramame (AABrG), Amarelo da Malásia (AAM), Verde do Brasil de Jequi (AVeBrJ), Vermelho de Camarões (AVC), Vermelho do Brasil de Gramame (AVBrG) e Vermelho da Malásia (AVM). O delineamento experimental empregado foi o inteiramente casualizado com dez repetições (plantas). De cada planta foi retirada uma inflorescência na qual foram avaliados os seguintes caracteres: comprimento da inflorescência (CI), número de ramos florais (NRFL), comprimento médio dos ramos florais (CRFL), número de flores femininas por inflorescência (NFFI), número de flores femininas por ramo floral (NFFRFL), número de ramos florais com flores femininas (RFLCFF), número de ramos florais sem flores femininas (RFLSFF), número de flores masculinas por inflorescência (NFMI), número de flores masculinas por ramo floral (NFMRF). Os dados foram submetidos a análises de variância e covariância e estimados o coeficiente de determinação genotípica (bp) e as correlações fenotípicas (rf), genotípica (rg) e ambiental (ra). Ocorreram diferenças altamente significativas ($p < 0,01$) entre as cultivares para todos os caracteres avaliados. Os anões AAG e AAM apresentaram maiores NRFL, NFFI, NFFRFL, NRFLCFF, NFMI, NFMRF e menores NRFLSFF, apesar de diferirem a $p < 0,05$, principalmente de AVeJ e AVC. Já o AVeJ foi superior estatisticamente ($p < 0,05$) sobre as demais cultivares para CRFL. As estimativas de bp variaram de 0,67% (CRFL) a 0,96% (NFMI) sendo consideradas altas. Os rf e rg foram positivos e altamente significativos para CI x CRFL, CI x NFMI, CI x NFFI, NRFL x NFMI e NFFI x NFMI, indicando que selecionando-se um desses caracteres, indiretamente estará se selecionando o outro caráter. Apenas para NRFL x CRFL e CI x NRFL o rg foi negativo e significativo, tornando o melhoramento para essas características mais difíceis.

Palavras-chave: florescimento, determinação genotípica, melhoramento genético.

Variability and correlations among reproductive morphological characters in dwarf coconut cultivars (*Cocos nucifera* L.). The morphological reproductive characters of the Brazilian Yellow of Gramame (AABrG), Yellow of Malaysia (AAM), Brazilian Green of Jequi (AVeBrJ), Red of Cameroon (AVC), Brazilian Red of Gramame (AVBrG) and Red of Malaysia (AVM), dwarf coconut cultivars, were analyzed aiming the characterization of the variability and association existing between them. The work was carried out in the Coconut Germoplasm Active Bank at the Embrapa's Experimental Station of Betume in Neópolis/SE, in a completely randomized experimental design with ten replications (plants). One inflorescence was taken from each plant and the characters of inflorescence length (IL), number of floral branches (NFB), average length of floral branches (ALFB), number of female flowers per inflorescence (NFFI), number of female flowers per floral branch (NFFFB), number of floral branches with female flowers (NFBFF), number of floral branches without female flowers (NFBWFF), number of male flowers per inflorescence (NMFI) and number of male flowers per floral branch (NMFFB), were recorded. Data were submitted to analysis of variance, covariance and estimation of the coefficient of genotypic determination (bp) and phenotypic (rf), genotypic (rg) and environmental (ra) correlations. Highly significant differences ($p < 0.01$) were found between cultivars for all the analyzed parameters. The dwarf coconuts AAG and AAM had the highest NFB, NFFI, NFFFB, NFBFF, NFMI, NMFFB, and the lowest NFBWFF being statistically different ($p < 0.05$) from the AVeJ and AVC. The ALFB of the AVeBrJ cultivar was statistically higher ($p < 0.05$) than the other cultivars. The bp estimative ranged from 0.67% (ALFB) to 96% (NMFI). The values of rf and rg were positive and highly significant for IL x ALFB, CI x NMFI, CI x NFFI, NFB x NMFI and NFFI x NMFI, pointing out that once selected one of these characters other one will be also indirectly selected. Negative and significant values of rg were found only for NFB x ALFB and IL x NFB, causing problems for the genetic improvement of such characters.

Key words: flowering, determination genotypes, genetic improvement

Introdução

O coqueiro é constituído apenas da espécie *Cocos nucifera* L. e de duas variedades principais: a var. típica (coqueiro gigante) e a Var. nana (coqueiro anão). A variedade nana por sua vez é formada pelas cultivares: verde, vermelha e amarela. Acredita-se que o coqueiro anão se originou do coqueiro gigante, a partir de uma mutação gênica (Santos et al, 1996). Essa variedade apresenta um desenvolvimento lento, reproduz-se em geral por autofecundação, é mais precoce – em média de dois a três anos de crescimento vegetativo – e produz grande número de frutos pequenos (150 a 200 frutos/planta/ano). A inflorescência do coqueiro é paniculada, axilar, protegida por duas brácteas grandes, chamadas espatas. Ao completar o seu desenvolvimento – 3 a 4 meses – a espata se abre, liberando a inflorescência, que é formada pelo pendúnculo, espigas e flores (Ferreira et al., 1998).

O arranjo dos ramos florais ao redor do eixo é exatamente o mesmo das folhas no estipe da espécie, sendo mantida a relação 5/13. Os ramos florais nas plantas jovens podem ser portadores apenas de flores masculinas, ou indistintamente, de flores femininas (Miranda Jr., 1955). Cada ramo floral pode ter uma ou várias flores femininas e 200 a 300 flores masculinas. O total das flores masculinas por espádice varia com o número de ramos florais e seu tamanho. O tamanho da inflorescência pode ser um fator limitante de rendimento (Nucé de Lamothe e Rognon, 1977).

Entre os fatores de produção, o número de flores femininas por inflorescência é, a princípio, um dos mais importantes. Os bons produtores de uma população correspondem não somente as plantas com o maior número de inflorescências por ano, mas também com o maior número de flores femininas por inflorescência. As boas condições nutricionais podem aumentar tanto o número de flores femininas quanto a abertura da espata (Ribeiro, 1993). O número de flores femininas por inflorescência pode variar de 16,5 a 32,2 (Siqueira et al., 1998).

Em média cada coqueiro produz entre 12 a 15 folhas por ano. Em condições normais cada folha produzirá uma inflorescência. (Ribeiro, 1993). O intervalo de abertura das inflorescências, de modo geral mensal, é mais rápido na estação seca (intervalo de 18,4 dias para o coqueiro anão) e mais lento na estação chuvosa (intervalo de 23,9 dias para o coqueiro anão) (Aragão et al., 2000).

Nos trabalhos de melhoramento genético do coqueiro é de grande utilidade a estimativa de parâmetros genéticos como herdabilidade, correlações, entre outros parâmetros, para inclusive acelerar o referido programa.

A herdabilidade varia de acordo com as diversas

características agrônomicas. Características quantitativas como a produção de frutos, volume de água de coco, produção de albúmen sólido, número de flores femininas, etc., são muito influenciadas pelo ambiente e portanto, podem apresentar baixa herdabilidade. Uma das teorias é que as características que se desenvolvem em um curto período estariam menos sujeitas ao ambiente e, dessa forma, apresentariam maior herdabilidade do que as sujeitas a maior período (Borém, 1997).

O termo coeficiente de determinação genotípica (Simbolizado por bp), empregado por Falconer (1987), para designar a relação entre a variação genotípica e a fenotípica e que tem significado análogo ao coeficiente de herdabilidade no sentido amplo – ambos estão relacionados com a variação genotípica – é utilizado para caracterizar a variabilidade de um conjunto fixo de genótipos. Este conjunto fixo não representa uma população de referência, de forma que não satisfaz às exigências para o emprego do coeficiente de herdabilidade (Anunciação Filho, 1988).

De acordo com a magnitude do resultado obtido em um dado caráter, o coeficiente de determinação genotípica pode explicar se esse caráter é de fácil ou de difícil seleção e assim, auxiliar na escolha do método de melhoramento mais apropriado para a condução do programa. O valor bp varia de 0 a 1. Será nulo quando a variação entre médias de populações for de natureza ambiental. Seu valor será máximo (bp=1) quando toda a variação entre médias de populações for de origem genética.

O uso da correlação entre caracteres é uma ferramenta importante nos trabalhos de melhoramento pois em geral, nos preocupamos em selecionar o material não para caracteres isolados mas, para um conjunto de caracteres simultaneamente (Venkovsky, 1987). A correlação que pode ser diretamente mensurada a partir de medidas de dois caracteres em certo número de indivíduos da população, é a fenotípica. Esta correlação tem causas genética e ambiental, porém só as genéticas envolvem uma associação de natureza herdável, podendo, por conseguinte, ser utilizada na orientação de programas de melhoramento. Assim, em estudos genéticos é indispensável distinguir e quantificar o grau de associação genética e ambiental entre os caracteres (Cruz e Regazzi, 1994).

A principal causa da correlação genética é a pleiotropia. Ligações gênicas são causas transitórias, especialmente em populações derivadas de cruzamento entre linhagens divergentes (Falconer, 1987). Se dois caracteres apresentam correlação genética favorável, é possível obter ganhos para um deles por meio da seleção indireta no outro associado. Entretanto, se um caráter correlacionar-se negativamente com alguns e positivamente com outros, deve-se tomar o cuidado de,

ao selecionar esse, não provocar mudanças indesejáveis em outros (Cruz e Regazzi, 1994).

O ambiente torna-se causa de correlação quando dois caracteres são influenciados pelas mesmas diferenças de condições ambientais. Valores negativos desta correlação indicam que o ambiente favorece um em detrimento do outro, e valores positivos indicam que os dois caracteres são beneficiados ou prejudicados pelas mesmas causas de variações ambientais. De maneira geral, as correlações genéticas e ambientais apresentam o mesmo sinal, entretanto, nos casos em que isto não ocorre, há indicativo de que as causas de variação genética e ambiental influenciam os caracteres por meio de diferentes mecanismos fisiológicos (Falconer, 1987).

Este trabalho objetivou caracterizar a variabilidade genética e a associação entre caracteres morfológicos reprodutivos em cultivares de coqueiro anão.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido no Banco Ativo de Germoplasma de Coco (BAG de Coco) localizado no Campo experimental de Betume, Neópolis-SE, pertencente ao Centro de Pesquisa Agropecuária dos Tabuleiros Costeiros (CPATC) da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), compreendendo as seguintes cultivares de coqueiro anão: Amarelo do Brasil de Gramame (AABrG), Amarelo da Malásia (AAM), Verde do Brasil de Jequi (AVeBrJ), Vermelho de Camarões (AVC), Vermelho do Brasil de Gramame (AVG), e Vermelho da Malásia (AVM).

O município de Neópolis apresenta clima quente e úmido, com precipitação média anual de 1250 mm, distribuída em torno de 85% e 15% nas épocas chuvosa e seca, respectivamente. O solo da área experimental é areia quartzosa, com baixa fertilidade natural.

O delineamento experimental empregado foi o inteiramente casualizado com seis tratamentos (AABrG, AAM, AVC, AVBrG, AVM e AVeBrJ) e dez repetições (plantas).

As cultivares foram irrigadas normalmente, por microaspersão, com lâmina de água em torno de 130litros/planta/dia, principalmente no período seco.

A adubação foi realizada anualmente com base na análise foliar e as capinas foram feitas sempre que necessário.

De cada planta por cultivar de coqueiro anão foi retirada uma inflorescência na qual foram avaliados os seguintes caracteres: comprimento da inflorescência (CI), número de ramos florais (NRFL), comprimento médio dos ramos florais (CRFL), número de flores femininas por inflorescência (NFFI), número de flores femininas por ramo floral (NFFRFL), número de flores masculinas

por inflorescência (NFMI), número de flores masculinas por ramo floral (NFMRF), número de ramos florais com flores femininas (RFLCFF) e número de ramos florais sem flores femininas (RFLSFF).

Os dados de acordo com o delineamento experimental empregado, foram submetidos às análises de variância (Gomes, 1985) e de covariância e feitas as estimativas dos coeficientes de correlações fenotípica, genotípica e ambiental, segundo o modelo de Cruz e Regazzi (1994). A comparação das médias dos tratamentos foi feita pelo teste de Tuckey ao nível de 5% de probabilidade.

A partir da análise da variância estimou-se o coeficiente de determinação genotípica (bp) que é válido apenas para as populações avaliadas (Anunciação Filho, 1988).

Resultados e Discussão

Na Tabela 1 estão apresentados os resumos das análises de variância dos nove caracteres avaliados nas inflorescências das cultivares de coqueiro anão. De acordo com essa tabela observa-se que ocorreram diferenças altamente significativas ($p < 0,01$) pelo teste F entre as cultivares, para todos os caracteres avaliados. Observa-se ainda que, os coeficientes de variação em geral, foram baixos para a maioria desses caracteres, indicando boa precisão experimental. Os coeficientes de variação só foram altos, principalmente para NFFI (53%), RFLSFF (72%) e NFFRFL (58,2%).

Os dados médios das características morfológicas reprodutivas, avaliadas nas cultivares de coqueiro anão, estão apresentados na Tabela 2. De acordo com essa tabela os anões amarelos AABrG e AAM, apresentaram maiores NRFL (34,4 e 32,5), NFFI (59,3 e 53,1), NFFRFL (1,74 e 1,71), NRFLCFF (32,1 e 29,1), NFMI (9039,8 e 8077,5), NFMRF (261,1 e 251,96) e menores NRFLSFF (2,3 e 3,0), apesar de que para essas características não diferem pelo teste Tuckey a $p < 0,05$, principalmente do AVeBrJ e AVC. Apenas o AVeBrJ foi superior estatisticamente sobre as demais cultivares para os caracteres CRFL (39,0cm) e CI (86,6cm); para esta última característica o AVeBrJ não difere do AVC (80,7cm), AAM (79,3cm) e AABrG (78,2cm).

O número de flores femininas observadas por Núcleo de Lamothe e Rognon, (1977) nos anões AAM (32,0), anão verde da Guiné Equatorial (EGGD – 32,0 – este anão foi introduzido do Brasil, para Guiné Equatorial), AVC (26,0) e AVM (23,0), foi respectivamente superior e inferior aos NFFI verificado neste trabalho (Tabela 2), cuja amplitude foi de 16,5 (AVBrG) a 59,3 (AABrG). Esta amplitude é bastante superior a citada por Siqueira et al. (1998), que é de 16,5 a 32,2 flores femininas por inflorescência.

Tabela 1 - Resumo das análises de variância para os caracteres morfológicas reprodutivos, comprimento da inflorescência (CI), número de ramos florais (NRFL), comprimento médio dos ramos florais (CRFL), número de flores femininas por inflorescência (NFFI), número médio de flores femininas por ramo floral (NFFRFL), número de ramos florais com flores femininas (NRFLCFF), número de ramos florais sem flores femininas (NRFLSFF), número de flores femininas (NRFLSFF), número de flores masculinas por inflorescência (NFMFI), número de flores masculinas por ramo floral (NFMRFL), avaliados em cultivares de coqueiro anão. Neópolis/SE, 2000.

FV	GL	QM									
		CI	NRFL	CRFL	NFFI	NFFRFL	NRFLCFF	NRFLSFF	NFMFI	NFMRFL	
TRAT	5	226,7**	48,2**	66,8**	3057,8**	2,9**	404,9**	336,1**	21500835,2**	13309,3**	
ERRO	54	49,6	15,9	2,8	401,4	0,5	28,98	23,8	1310339,8	536,5	
CV (%)		8,9	12,7	4,8	53	58,2	22,1	72	16,5	10,4	

** - significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F

Tabela 2 - Dados médios do comprimento da inflorescência (CI), número de ramos florais (NRFL), comprimento médio dos ramos florais (CRFL), número de flores femininas por inflorescência (NFFI), número médio de flores femininas por ramo floral (NFFRFL), número de ramos florais com flores femininas (NRFLCFF), número de ramos florais sem flores femininas (NRFLSFF), número de flores masculinas por inflorescência (NFMFI) e número médio de flores masculinas por ramo floral (NFMRFL), avaliados em cultivares de coqueiro anão. Neópolis/SE, 2000.

Cultivar	CI	NRFL		CRFL		NFFI		NFFRFL		NRFLCFF		NRFLSFF		NFMFI		NFMRFL	
		Cultivar	NRFL	Cultivar	CRFL	Cultivar	NFFI	Cultivar	NFFRFL	Cultivar	NRFLCFF	Cultivar	NRFLSFF	Cultivar	NFMFI	Cultivar	NFMRFL
AVeBrJ	86,6a ¹	AABrG	34,4a	AVeBrJ	39,0a	AABrG	59,3a	AABrG	1,74a	AABrG	32,1a	AVBrG	15,5a	AABrG	9039,8a	AABrG	261,10a
AVC	80,7ab	AVBrG	32,5a	AVC	36,3b	AAM	53,1a	AAM	1,71a	AAM	29,1a	AVM	12,9a	AAM	8077,5ab	AAM	251,96a
AAM	79,3abc	AAM	32,2ab	AABrG	33,9c	AVeBrJ	41,0 ab	AVeBrJ	1,40a	AVeBrJ	27,2a	AVC	4,2 b	AVeBrJ	7281,5 b	AVeBrJ	240,80ab
AABrG	78,2abc	AVM	30,3ab	AVM	33,3c	AVC	37,5a b	AVC	1,35ab	AVC	23,9a	AVeBrJ	3,1 b	AVC	6131,1 bc	AVC	220,30 b
AVM	75,3 bc	AVeBrJ	30,3a	AVBrG	32,8c	AVM	18,6 b	AVM	0,60 b	AVM	17,4 b	AAM	3,0 b	AVBrG	5605,1 c	AVM	181,60 c
AVBrG	71,5 c	AVC	28,1b	AAM	32,3c	AVBrG	16,5 b	AVBrG	0,50 b	AABrG	16,4 b	AABrG	2,3 b	AVM	5359,5 c	AVBrG	174,60 c
Média geral	78,6		31,3		34,6		37,7		1,2		24,3		6,8		6915,7		221,7

¹Números com a mesma letra na coluna não diferem ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Também os NFFI (19,2), NRFL (29,9) e CRFL (24,2cm), verificados nos anões por Santos e Boliñgasa (1994) não estão normalmente de acordo com os valores médios observados neste trabalho, que foram de 37,7; 31,3 e 34,7 respectivamente.

Para uma cultivar de coqueiro maximizar o uso de energia para maior produção de frutos, tanto verde quanto seco, deve apresentar além de outras características, uma inflorescência comparativamente maior, maior número de ramos florais de tamanho maior, maior número de flores femininas por inflorescência e por ramo floral, presença de flores femininas em todos os ramos florais e menor número de flores masculinas por inflorescência e por ramo floral. Para este conjunto de caracteres, normalmente os anões AABrG e AAM foram superiores para a maioria deles, só apresentando como características negativas, maiores NFMI e NFMRF e menores CRFL e comprimento apenas intermediário da inflorescência (Tabela 2). O contrario ocorreu para os anões vermelhos, os quais foram superiores só para os NFMI e NFMRF, intermediários para NRFL e inferiores para os demais caracteres. Já os anões AVerBrJ e AVC foram normalmente intermediários para a maioria dos caracteres, superiores apenas para CI e CRFL e inferiores para NRFL (Tabela 2).

As estimativas dos coeficientes de determinação genotípica (bp) para os caracteres morfológicos avaliados nas inflorescências das cultivares de coqueiro anão (Tabela 3), variam de 0,67 (NRFL) a 0,96 (NFMI), sendo considerados altos, indicando a existência de grande variação genética para esses caracteres, o que significa maior possibilidade de êxito no emprego de métodos de melhoramento mais simples para esses caracteres.

Os coeficientes de determinação genotípica foram mais altos para os caracteres NFMRF (0,96%), CRFL (0,95%), NFMI (0,94%), NRFLCFF (0,93%), NRFLSFF (0,92%).

Tabela 3 – Estimativa de coeficientes de determinação genotípica (bp) em caracteres morfológicos reprodutivos avaliados em cultivares de coqueiro anão. Neópolis/SE, 2000.

Caracteres	bp
Comprimento da inflorescência (CI)	0,78
Número de ramos florais (NRFL)	0,67
Comprimento médio dos ramos florais (CRFL)	0,95
Número de flores femininas por inflorescência (NFFI)	0,87
Número médio de flores femininas por ramo floral (NFFRFL)	0,83
Número de ramos florais com flores femininas (NRFLCFF)	0,93
Número de ramos florais sem flores femininas (NRFLSFF)	0,92
Número de flores masculinas por inflorescência (NFMI)	0,94
Número médio de flores masculinas por ramo floral (NFMRF)	0,96

Os coeficientes de correlações fenotípico, genotípico e ambiental entre todos os pares de caracteres morfológicos avaliados nas cultivares de coqueiro anão, são mostrados na Tabela 4. Observa-se nessa tabela, que os coeficientes de correlações fenotípica (rf) e genotípica (rg) foram positivos, significativo ($t < 0,05$) para CI e NFMI (rf=0,47* e rg=0,47*) e altamente significativos ($t \leq 0,01$) entre os pares de caracteres CI e CRFL (rf=0,94** e rg=0,95**), CI e NFFI (rf=0,59** e rg=0,65**), NRFL e NFMI (rf=0,60** e rg=0,89**) e NFFI e NFMI (rf=0,96** e rg=1,00**), indicando para esses caracteres, que selecionando-se um deles, indiretamente estará se selecionando o outro. Isto significa que se a seleção ocorrer por exemplo para NFFI, que é um caráter importante relacionado a produção do coqueiro, indiretamente estará se aumentando o NFMI e principalmente o CI, que também é outro caráter muito importante no ideotipo do coqueiro. Inclusive, segundo Falconer (1987), além da elevada correlação genética que deve existir entre os caracteres, o caráter secundário no qual a seleção será praticada, deve possuir herdabilidade superior à do caráter principal. Nota-se na Tabela 3, que o bp para NFFI (bp=0,87) é mais alto que o bp para CI (0,78). Entretanto, como o NFMI é considerado uma característica negativa dentro de um ideotipo de uma inflorescência de coqueiro, ao se selecionar as características que lhe são relacionadas positivamente ter o cuidado de não aumentar o seu número. É conveniente salientar que para o par de caracteres CI e CRFL, a correlação ambiental (ra=1,00) foi também positiva e altamente significativa, evidenciando um efeito ambiental para essa correlação.

A correlação fenotípica entre NFFI e CI (0,59**) está de acordo com a estimada por Kalathya e Sen (1988) (0,641**) ambas sendo positiva e altamente significativa. O contrario ocorreu para a correlação entre NRFL e CRFL a qual neste trabalho foi negativa e significativa (-0,52*), enquanto a estimada por Kalathya e Sen (1988), foi positiva e significativa (0,538**).

Apenas para os pares de caracteres CRFL e NFMI (rf=0,03 e rg=0,02), CRFL e NFFI (rf=0,12 e rg=0,11), os valores dos coeficientes de correlações fenotípicas e genotípicas foram positivos e não significativos.

As correlações fenotípicas e genotípicas foram negativas apenas para os pares de caracteres CI e NRFL (rf=-0,21 e rg=-0,48*) e NRFL e CRFL (rf=-0,52* e rg=-0,62**) tornando o melhoramento para essas características mais difíceis. Nestes casos apesar de

Tabela 4 - Correlações fenotípicas (rf), genotípica (rg) e ambiental (ra) estimadas entre os pares de caracteres morfológicos reprodutivos, avaliados em cultivares de coqueiro anão. Neópolis/SE, 2000.

	Correlações	CI	CARACTERES			
			NRFL	CRFL	NFMI	NFFI
CI	rf		-0,21N.S	0,94**	0,47*	0,59**
	rg	–	-0,48*	0,95**	0,47*	0,65**
	ra		0,50*	1,00**	0,00 N.S	0,31N.S
NRFL	rf			-0,52*	0,60**	0,37 N.S
	rg	–		-0,62*	0,89**	0,52*
	ra			-0,15 N.S	0,74**	-0,11 N.S
CRFL	rf				0,03 N.S	0,12 N.S
	rg			–	0,02 N.S	0,11 N.S
	ra				0,31 N.S	0,37 N.S
NFMI	rf					0,96**
	rg				–	1,00**
	ra					0,19**

negativas, e ao contrario do que ocorreu com o NFMI, a seleção para essas características não deve diminuir acentuadamente a característica que não esta sob seleção, já que são duas características importantes no ideotipo da inflorescência do coqueiro.

Conclusões

Nas condições em que este trabalho foi conduzido se conclui que:

- Normalmente os anões AABrG e AAM são superiores, os AVeBrJ e AVC intermediários e os AVBrG e AVM inferiores, para os caracteres morfológicos importantes da inflorescência, como inflorescência maior, maior número de ramos florais de tamanho maior, maior número de flores femininas por inflorescência e por ramo floral, presença de flores femininas em todos os ramos florais e menor número de flores masculinas por inflorescência e por ramo floral.

- Os coeficientes de determinação genotípica para os caracteres da inflorescência dos anões são altos, indicando a existência de variabilidade genética e, portanto, a possibilidade de se ter êxito na seleção dos mesmos, empregando-se métodos de melhoramento mais simples;

- Os pares de caracteres CI e NFMI, CI e CRFL, CI e NFFI, NRFL e NFMI e NFFI e NFMI se correlacionam positiva e significativamente, indicando que, selecionando-se um deles, indiretamente estará se selecionando o outro;

- Na seleção de caracteres que se relacionam positiva e significativamente mas que um desses caracteres é indesejável no ideotipo da inflorescência como NFMI, deve-se ter o cuidado de ao melhorar o caráter desejado, não aumentar acentuadamente o NFMI;

- Os pares de caracteres CI e NRFL e NRFL e CRFL se correlacionam negativa e significativamente, tornando o melhoramento para essas características difícil, já que são caracteres importantes no ideotipo da inflorescência do coqueiro.

Literatura Citada

ANUNCIAÇÃO FILHO, C.I. da. 1988. Parâmetros genéticos relacionados ao sistema radicular e à parte aérea da soja (*Glycine Max (L.) MERRILL*). Piracicaba. ESALQ. 163p.

ARAGÃO, W.M.; ARAGÃO, R. de R.B.; BOAVENTURA, R.F. 2000. Intervalo de abertura de inflorescência em cultivares de coqueiro anão. In: Encontro de Genética do Nordeste, 15, Fortaleza. Resumo. Fortaleza. p.139.

BORÉM, A. 1997. Melhoramento de plantas. Viçosa, UFV. 547p.

CRUZ, D.C.; REGAZZI, A.J. 1994. Modelos biométricos aplicados ao melhoramento de plantas. Viçosa, UFV. 390p.

FALCONER, D. S. 1987. Introdução a genética quantitativa. Viçosa, Imprensa Universitária. 279p.

FERREIRA, J.M.S; WARWICK, D.R.N; SIQUEIRA, L.A. (eds). 1998. A cultura do coqueiro no Brasil. Aracaju, Embrapa - CPATC. 292p

GOMES, F.P. 1985. Curso de estatística experimental. São Paulo, Livraria Nobel. 466p.

KALATHIYA, K.V.; SEN, N.L. 1988. Correlation among floral and yield Characteristics in coconut, variety dwarf green. In: Silas, E.G.; Aravindaksaan, M.; José, A.S. Coconut Breeding and Management. Trichur, India. pp.103-105.

MIRANDA JR, J. P. 1955. Floração e Frutificação do coqueiro da praia. Bahia. s.l, s.e. 25p. v.2.

NUCE DE LAMOTHE, M.; ROGNON, F. 1977. Les cocotiers nains à Port – Bouët Nain Jaune Ghana, Nain Rouge Malais, Nain vert Guiné Equatoriale, Nain Rouge Cameroun. *Oleagineux* 32(8/9): 367–373.

RIBEIRO, F. E. 1993. Divergência genética entre populações de coqueiro gigante (*Cocos nucifera* L.) do Brasil. Tese Mestrado. Lavras, ESAL. 84p.

SANTOS, G.A.; BALIÑGASA, E.N. 1994. Observations on the inflorescence component characters and pollen yield of five coconut populations. *Philippine Journal of Coconut Studies*. pp.34-39.

SANTOS, G. A. et al. 1996. Manual on standardized research techniques in coconut breeding. Rome, IPGRI. 45p.

SIQUEIRA, E.R. de et al. 1998. Melhoramento genético do coqueiro. In: Ferreira, J.M.S.; Warwick, D.R.N.; Siqueira, L.A., Ed. A Cultura do coqueiro no Brasil. 2 ed. Aracaju, Embrapa – CPATC. pp.73-95.

VENKOVSKY, R. 1987. Herance quantitativa. In: Paterniani, E.; Viegas, G. P. Melhoramento e produção de milho. Campinas, Fundação Cargill. pp.137-214. ●

ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE DE CULTIVARES DE MILHO NO NORDESTE BRASILEIRO NO ANO AGRÍCOLA DE 1999/2000

Hélio Wilson Lemos de Carvalho¹, Maria de Lourdes da Silva Leal¹, Milton José Cardoso², Manoel Xavier dos Santos³, José Nildo Tabosa⁴, Marcondes Maurício de Albuquerque¹, Denis Medeiros dos Santos¹ e Marcelo Abdon Lira⁵

¹Embrapa Tabuleiros Costeiros, Av. Beira-Mar, 3250, Caixa Postal, 44, 49001-970, Aracaju, Sergipe, Brasil. E-mail: helio@cpatc.embrapa.br; ²Embrapa Meio-Norte, Caixa Postal, 001, 64006-220, Teresina, Piauí, Brasil. E-mail: milton@cpamn.embrapa.br; ³Embrapa-Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo (CNPMS), Caixa Postal, 152, 35701-970, Sete Lagoas, Minas Gerais, Brasil. E-mail: xavier@cpnms.embrapa.br; ⁴IPA, 50761-000, Recife, Pernambuco, Brasil. tabosa@ipa.br. ⁵Embrapa/Emparn, Rua Major Laurentino de Moraes, 1220, 59020-390, Natal, Rio Grande do Norte, Brasil.

No ano agrícola de 1999/2000, trinta e seis cultivares de milho (vinte e duas variedades e catorze híbridos) foram avaliadas em vinte e três ambientes do Nordeste brasileiro, visando conhecer a adaptabilidade e a estabilidade desses materiais, para fins de recomendação na região. Utilizou-se o delineamento experimental em blocos ao acaso, com três repetições. Na análise de variância conjunta foram observadas diferenças entre as cultivares e essas mostraram interação com os ambientes. Os híbridos apresentaram melhor desempenho que as variedades, superando-as em 25%. Apenas os híbridos Pioneer 3041, AG 5011 e Agromen 2003 mostraram adaptação específica em ambientes favoráveis. Entre os materiais de melhor adaptação, a variedade Sertanejo atendeu ao maior número de requisitos para recomendação nos ambientes desfavoráveis. Considerando a média das variedades, a variedade Asa Branca ajustou-se mais ao genótipo ideal preconizado pelo modelo. A maioria das cultivares avaliadas (92%), independente de suas bases genéticas, mostrou boa estabilidade de comportamento nos ambientes considerados, em termos de produtividade de grãos.

Palavras-chave: *Zea mays* L, interação genótipos x ambientes, previsibilidade, variedades, híbridos.

Adaptability and stability of maize cultivars in the northeast Brazilian region during the agricultural year 1999/2000. In the agricultural year 1999/2000, thirty six maize cultivar (twenty two varieties and fourteen hybrids) were evaluated in twenty and three environments of the Brazilian Northeast region in order to know the adaptability and the stability for recommendation. The experimental design was randomized blocks design with three replications by location. The combined analysis of variance showed significative differences among the cultivar and it was observed significative interaction with environments. The hybrids showed better yield performance than the varieties, overcoming them in 25%. Only the hybrids Pioneer 3041, AG 5011 and Agromen 2003 showed adaptation to the favorable environments. Among the materials with better adaptation, the maize variety Sertanejo presented better characteristics to be recommended in the unfavorable environments. The mayze variety Asa Branca was considered the more ideal genotype to be adjusted to the model proposed. Most of the evaluated cultivar (92%), independent of its genetic bases, showed good stability of behavior in the considered environments.

Key words: *Zea mays* L, genotype x environment interaction, genetic differences, varieties, hybrids.

Introdução

No Nordeste brasileiro se constata grande diversidade de solo e clima (Silva et al., 1993) e, tem-se observado um incremento considerável na demanda pelo milho, em razão da alta densidade demográfica e do crescente aumento da exploração de aves e suínos, tornando necessário até mesmo a importação de grande quantidade de milho de outras partes do país e do exterior para complementar a necessidade regional. Nessa ampla região, o milho é também submetido a diferentes sistemas de cultivo, indo desde aqueles onde é quase ausente o uso de tecnologias de produção, até aqueles onde o uso de altas tecnologias de produção é uma constante.

Anualmente, nessa ampla região, híbridos de milho são avaliadas em diferentes condições ambientais para fins de observações daqueles de melhor comportamento produtivo. O rendimento desses materiais pode não ser coincidentes nesses diferentes ambientes o que dificulta, sobremaneira, o processo de recomendação. Essa variação de comportamento ante às oscilações ambientais denomina-se interações cultivares x ambientes e tem sido destacada por diversos autores (Arias, 1956; Carneiro, 1998 e Carvalho et al., 1998 e 2000a), os quais procuraram minimizar o efeito dessa interação através da utilização de cultivares de melhor estabilidade fenotípica (Ramalho et al, 1993).

Vários métodos têm sido utilizados para a estimação de parâmetros de adaptabilidade e estabilidade (Finlay and Wilkinson, 1963, Eberhart and Russell (1966) e Lins and Brinns 1988), os quais empregaram metodologias baseadas em coeficiente de regressão linear e na variância de desvios de regressão estimados em relação a cada cultivar (Arias, 1996). Outros métodos utilizaram modelos de regressão composto de dois segmentos de reta, a regressão bilinear (Verma et al., 1978 e Cruz et al., 1989).

Inúmeros trabalhos realizados com a cultura do milho, segundo Ribeiro et al. (1999), permitem inferir não haver uma relação fixa quanto à homogeneidade ou heterogeneidade do material e sua estabilidade, pois, é possível selecionar materiais mais estáveis em qualquer grupo (variedades, híbridos simples triplos e duplos). Allard and Bradshaw (1964) enfatizam que os híbridos simples, por serem materiais mais homogêneos e por terem na heterozigose apresentada na maioria dos locos, possuem maior capacidade de processar as trocas ambientais de forma mais eficiente que a mistura de genótipos encontrada nos materiais heterogêneos. A ocorrência desses resultados sugere a importância do estudo da interação cultivares x ambientes, visando fornecer subsídios e maior compreensão do comportamento de diferentes cultivares de milho quando submetidas a diferentes condições ambientais (Arias, 1996).

Considerando esses aspectos, desenvolveu-se este trabalho com o objetivo de conhecer a adaptabilidade e a estabilidade de diferentes cultivares de milho quando submetidas a diferentes condições ambientais no Nordeste brasileiro, para fins de recomendação.

Material e Métodos

Os ensaios foram instalados em dezembro de 1999 nos municípios de Barra do Corda, no Maranhão e Lapão, Ibititá, Barra do Choça e Barreiras (dois locais), na Bahia. Em janeiro de 2000, foram instalados os ensaios de Anapurus, no Maranhão, Teresina (sequeiro), Parnaíba (sequeiro), Guadalupe e Rio Grande do Piauí, no Piauí, Araripina, em Pernambuco e Riachão das Neves, na Bahia. Em fevereiro de 2000, foram plantados os ensaios de Canguaretama, no Rio Grande do Norte e Serra Talhada, em Pernambuco. Em maio de 2000, foram instalados os ensaios de São Bento do Una e Vitória de Santo Antão, em Pernambuco, Coruripe, em Alagoas e Neópolis e Nossa Senhora das Dores em Sergipe. Em junho de 2000, foram instalados os ensaios de Parnaíba e Teresina, sob regime de irrigação.

Na Tabela 1, constam os índices pluviométricos (mm) ocorridos durante o período experimental, com uma variação de 310,8 mm, em São Bento do Una, a 1643,6 mm, em São Raimundo Mangabeira. As coordenadas geográficas de cada município (Tabela 2), mostram que os ensaios foram instalados entre os paralelos 2° 53' (S) a 14° 36' (S), englobando diferentes condições ambientais (Silva et al., 1993).

Foram utilizados trinta e seis cultivares de milho: vinte e duas variedades e catorze híbridos (dois híbridos simples, três triplos e nove duplos). O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com três repetições. Cada parcela constou de quatro fileiras de 5,0m de comprimento, espaçadas de 0,90m e 0,50m entre covas. Colocou-se três sementes por cova, deixando-se, após o desbaste duas plantas por cova. Foram colhidas as duas fileiras centrais de forma integral, correspondendo a uma área útil de 9,0m². As adubações realizadas obedeceram aos resultados das análises de solo de cada área experimental.

Os pesos de grãos, após serem ajustados para 15% de umidade, foram submetidos a análise de variância, obedecendo ao modelo em blocos ao acaso. Após a análise de cada ensaio, efetuou-se a análise de variância conjunta, obedecendo ao critério de homogeneidade dos quadrados médios residuais. As referidas análises foram efetuadas utilizando-se o Statistical Analysis System (SAS Institute, 1996).

Neste trabalho as respostas de cada uma das cultivares

Tabela 1. Índices pluviométricos (mm) ocorridos durante o período experimental. Região Nordeste do Brasil, 1999/2000

Locais	1999	2000								Totais
	Dez.	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	
Barra do Corda	235,8*	139,0	212,6	266,0	214,4	-	-	-	-	1067,8
Anapurus	-	207,0*	254,0	321,0	426,0	245,0	-	-	-	1453,0
Teresina	-	306,8*	329,8	298,4	68,4	6,7	-	-	-	1010,1
Parnaíba	-	166,5*	233,9	157,5	391,5	201,1	-	-	-	1150,5
Guadalupe	-	173,0*	312,0	369,5	147,0	64,6	-	-	-	1066,1
Rio Grande Piauí	-	185,0*	310,0	390,4	128,2	50,1	-	-	-	1063,7
Canguaretama	-	-	147,2*	82,6	199,0	200,8	-	-	-	629,6
Caruaru	-	-	-	-	108,5*	92,6	315,3	244,1	376,5	1136,5
S. Bento do Una	-	-	-	-	-	4,0*	139,2	70,6	97,0	310,8
Serra Talhada	-	-	16,6*	92,9	174,9	16,4	33,2	-	-	334,0
Araripina	-	27,6*	133,3	106,2	106,2	2,6	-	-	-	375,9
V. Santo Antônio	X*	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Coruripe						116,0*	255,0	240,0	113,0	724,0
N. Sra. Das Dores						122,0*	269,0	120,0	142,0	653,0
Neópolis						150,0*	351,5	184,0	69,0	754,5
Lapão	212,9*	129,4	86,9	25,0	-	-	-	-	-	454,2
Ibititá	207,0*	57,8	74,7	64,2	-	-	-	-	-	403,7
Riachão das Neves	-	265,0*	290,5	84,0	11,0	-	-	-	-	650,5
Barra do Choça	38,1*	69,5	83,1	48,6	-	-	-	-	-	239,3
Barreiras 1	200,0*	163,0	285,0	219,0	-	-	-	-	-	867,0
Barreiras 2	200,0*	170,0	290,0	180,0	-	-	-	-	-	840,0

* Mês de plantio; X: não registrado.

Tabela 2. Coordenadas geográficas dos locais e tipos de solo das áreas experimentais.

Estado	Município	Latitude (S)	Longitude (W)	Altitude (m)	Tipo de solo
Maranhão	Barra do Corda	5° 43'	45° 18'	-	LA
	Anapurus	3° 55'	43° 30'	-	LA
Piauí	Teresina	5° 5'	42° 49'	72	A
	Parnaíba	2° 53'	41° 41''	15	AQ
	Guadalupe	6° 56'	43° 50'	180	LVA
	Rio G. do Piauí	7° 36'	43° 13''	270	PVA
	Canguaretama	6° 22'	35° 07'	5	LVA
Pernambuco	São Bento do Una	8° 31'	36° 22'	645	R
	Serra Talhada	8° 17'	38° 29'	365	PVA
	V. Santo Antônio	8° 21'	35° 21'	350	LVA
	Araripina	7° 33'	40° 34'	620	LVA
Alagoas	Coruripe				
Sergipe	N. Sra. Das Dores	10° 30'	37° 13'	200	LVA
	Neópolis	10° 16'	36° 05'	15	A
Bahia	Ibititá	11° 32'	41° 41'	700	A
	Riachão das Neves	11° 48'	44° 41'	498	A
	Barreiras 1	10° 48'	44° 41'	800	AQ
	Barreiras 2	12° 21'	44° 41'	780	AQ
	Barra do Choça	14° 36'	40° 36'	880	PVA

¹ A- Aluvial; AQ- Areia Quartzosa; LVA- Latossolo Vermelho-Amarelo; PVA Podzólico Vermelho-Amarelo; R- Regossolo; LA - Latossolo Amarelo; PA- Podzólico Amarelo.

nos ambientes estudados, ou seja, a adaptabilidade e estabilidade desses materiais forma exploradas pelo método de Cruz et al. (1989), o qual busca como cultivar ideal aquela que apresenta alta produtividade média de grãos, adaptabilidade em ambientes desfavoráveis (b_1 o menor possível), e é capaz de responder à melhoria ambiental (b_1+b_2 o maior possível), além de apresentar a variância dos desvios da regressão próxima ou igual a zero. Aliado ao modelo proposto, considerou-se como cultivares melhores adaptadas aquelas que expressaram maiores produtividades de grãos (Mariotti, et al., 1976).

O modelo de Cruz et al., (1989) baseia-se na análise de regressão bissegmentada, tendo como parâmetros de adaptabilidade a média (b_0), e a resposta linear aos ambientes desfavoráveis (b_1) e aos ambientes favoráveis (b_1+b_2). A estabilidade dos materiais é avaliada pelos desvios da regressão s_{ij}^2 de cada material, de acordo com as variações ambientais.

Foi utilizado o seguinte modelo:

$$Y_{ij} = b_{0i} + b_{1i}I_j + b_{2i}T(I) + dij + e_{ij}, \text{ onde:}$$

Y_{ij} : média da cultivar i no ambiente j ; I_j : índice ambiental; $T(I_j) = 0$ se $I_j < 0$; $T(I_j) = I_j - I_j^+$ se $I_j > 0$, sendo I_j^+ a média dos índices I_j positivos; b_{0i} : média geral da cultivar i ; b_{1i} : coeficiente de regressão linear associado a ambientes desfavoráveis; $b_{1i} + b_{2i}$: coeficiente de regressão linear associado a ambientes favoráveis; dij : desvio da regressão linear; e_{ij} : erro médio associado a média.

Resultados e Discussão

Um resumo das análises de variância de cada ensaio consta na Tabela 3, onde se constata diferenças significativas entre as cultivares, a 1% de probabilidade, pelo teste F, o que revela comportamento diferenciado entre as cultivares, dentro de cada ambiente. Os coeficientes de variação obtidos oscilaram de 8,4% a 16,2%, conferindo boa precisão aos experimentos (Scapim et al., 1995). A média de produtividade nos ensaios variou de 2.835 kg/ha, em Coruripe, a 8.835 kg/ha, em Teresina sequeiro, o que indica uma ampla faixa de variação nas condições ambientais em que foram realizados os ensaios. Os municípios de Teresina (sequeiro

e irrigado), Parnaíba (sequeiro e irrigado), Rio Grande do Piauí, Barreiras (local 2) e Lapão apresentaram melhores potencialidades para o desenvolvimento do milho, com produtividades médias entre 6.156 kg/ha a 8.265 kg/ha, destacando-se como os ambientes mais favoráveis para a exploração do milho. Vale ressaltar, que as produtividades médias encontradas nessas localidades, colocam a região em condições de competir com a exploração do milho com áreas tradicionais de produção de milho no país e que utilizam tecnologias modernas de produção. Os municípios de Anapurus, no Maranhão e Barra do Choça, na Bahia, também mostraram condições favoráveis ao cultivo do milho, por exibirem produtividades médias superiores à média geral.

A oscilação observada nos rendimentos médios deve-se às variações pronunciadas das condições climáticas, especialmente, nas quantidades e distribuição de chuvas (Tabela 1) e das de solo dos locais em que foram realizados os ensaios (Tabela 2), o que se refletiu também no comportamento diferenciado das cultivares nesses locais. De fato, a análise de variância conjunta (Tabela 4) revelou efeitos significativos, a 1% de probabilidade pelo teste F, de ambientes, cultivares e interação cultivares x ambientes, o que evidencia a inconsistência no comportamento das cultivares nos

Tabela 3. Resumo das análises de variância da produtividade de grãos (kg/ha) de cada ensaio¹. Região Nordeste do Brasil, 1999/2000.

Locais	Quadrados médios			Média	C. V. (%)
	Blocos	Cultivares	Resíduo		
Barra do Corda	924.346,70	1.240.406,2**	430.368,40	4.610	14,2
Anapurus	6.759.177,90	2.068.306,7**	599.494,40	5.847	13,2
Rio Grande Piauí	6.368.973,80	2.345.846,9**	549.952,80	6.586	11,2
Guadalupe	85.873,60	862.905,4**	259.914,30	4.281	11,9
Parnaíba irrigado	1.725.507,00	4.520.082,4**	766.781,40	8.007	10,9
Parnaíba sequeiro	1.729.267,80	3.078.424,7**	288.744,60	6.419	8,4
Teresina irrigado	1.153.333,80	4.818.740,4**	519.111,60	6.711	10,7
Teresina sequeiro	501.501,10	5.055.138,9**	901.144,70	8.265	12,2
Canguaretama	1.549.323,10	932.303,7**	181.985,00	3.962	10,8
Coruripe	123.819,40	1.384.208,3**	198.676,50	2.835	14,4
N. Sra. das Dores	327.389,40	4.140.742,3**	192.373,50	4.633	8,9
Neópolis	338.724,40	1.945.613,4**	19.112,30	3.096	14,0
Serra Talhada	162.856,20	1.054.486,4**	181.630,10	3.753	11,3
S. Bento do Una	1.695.084,20	2.799.690,6**	276.550,90	3.898	13,5
Araripina	2.017.949,60	3.618.486,2**	645.969,30	4.959	16,2
V. Santo Antônio	668.174,60	2.145.889,2**	182.973,00	4.016	10,6
Barreiras 2	108.210,70	5.707.585,4**	342.917,20	6.329	9,2
Barreiras 1	721.264,80	3.185.035,0**	358.149,60	4.743	12,6
Riachão das Neves	551.183,60	5.301.210,1**	568.897,40	4.804	15,7
Ibititá	2.347.634,80	1.826.110,8**	371.078,20	5.131	11,8
Barra do Choça	5.454.375,90	5.574.460,30	497.058,50	5.660	12,4

¹ Graus de liberdade: blocos- 2; cultivares- 35; resíduo-70.

** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F.

diferentes ambientes considerados, justificando estudo mais detalhado dessa interação. Diversos trabalhos envolvendo competição de cultivares de milho nos Estados do Mato Grosso (Arias, 1996), Paraná (Carneiro, 1998), Piauí (Cardoso et al., 1997 e 2000), Ceará (Monteiro et al., 1998), Minas Gerais (Ribeiro et al., 1999) e em diversos ambientes do Nordeste brasileiro (Carvalho et al., 2000 a e 2000 b) têm detectado a presença e a importância dessa interação em processos de recomendação de cultivares de milho. Neles os autores procuraram amenizar o efeito da interação cultivares x ambientes, recomendando materiais de melhor estabilidade fenotípica (Ramalho et al., 1993).

A produtividade média de grãos variou de 3.540 kg/ha (CMS 47) a 6.712 kg/ha (Pioneer 3041), com média geral de 5.201 kg/ha, expressando o bom potencial para a produtividade das cultivares de milho na região (Tabela 5). Os

Tabela 4. Análise de variância conjunta de produtividade de grãos (kg/ha) de 36 cultivares de milho em 23 ambientes do Nordeste brasileiro, no ano agrícola de 1999/2000.

Fontes de variação	Graus de liberdade	Quadrados médios
Ambientes (A)	22	217.722.839,0**
Cultivares (C)	35	40.889.991,1**
Interação (A x C)	770	1.393.164,9**
Resíduo	1610	
C. V. (%)	10	

** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F.

Tabela 5. Estimativas das médias e dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade de 36 cultivares de milho em 23 ambientes, segundo método de Cruz et al., (1989) na Região Nordeste do Brasil, no ano agrícola de 1999/2000.

Cultivares	Médias (kg/ha)			b ₁	b ₂	b ₁ + b ₂	σ _{ij}	R ²
	Geral	Desfavorável	Favorável					
Pioneer 3041 ⁴	6712	5501	8595	1,31**	0,15ns	1,46**	998001,86**	92
Zeneca 8501 ³	6374	5334	7991	1,07ns	-0,24ns	0,83ns	1913172,34**	79
AG 5011 ³	6241	5180	7884	1,16**	0,34*	1,51**	2368218,81**	81
Pioneer 3021 ⁴	6155	5068	7953	1,20**	-0,45**	0,74ns	3228000,09**	73
Pioneer 3027 ⁴	6079	5032	7540	0,96ns	-0,37*	0,59**	2979871,34**	66
Cargill 929 ²	6015	4941	7706	1,13*	-0,28ns	0,84ns	617260,93ns	92
Agromen 3100 ⁴	5918	5046	7261	0,93ns	-0,03ns	0,90ns	921399,98**	86
Cargill 444 ⁴	5918	4743	7744	1,19**	-0,41**	0,18ns	1312204,70**	87
AG 3010 ³	5818	4949	7171	0,99ns	0,28ns	1,27ns	1414699,92**	83
Agromen 2003 ⁴	5706	4566	7480	1,21**	0,23ns	1,44**	979230,15**	91
AL 25 ¹	5659	4544	7395	1,13*	-0,36*	0,77ns	711210,00*	92
AL 30 ¹	5654	4578	7328	1,10ns	-0,42**	0,67*	1272798,98**	85
BR 206 ⁴	5630	4507	7378	1,19**	0,03ns	1,23ns	830966,78**	92
SHS 8447 ⁴	5600	4604	7084	1,04ns	-0,20ns	0,84ns	747011,97**	90
Sertanejo ¹	5485	4680	6687	0,84**	0,43**	1,27ns	1246350,38**	82
A 2288 ²	5391	4457	6844	1,05ns	-0,52**	0,52**	1304855,39**	83
AL 34	5389	4460	6834	0,098ns	0,01ns	0,98ns	1383836,22**	83
BRS 2110 ⁴	5265	4310	6752	1,01ns	0,25ns	1,26ns	650844,18*	92
CMS 59 ¹	5160	4037	6941	1,17**	0,30*	1,48**	543022,59ns	95
São Francisco ¹	5063	4172	6450	0,92ns	-0,21ns	0,71*	939373,46**	85
São Vicente ¹	5034	4305	6171	0,86*	0,50**	1,37**	1558722,42**	80
Asa Branca ¹	4976	4053	6412	0,96ns	0,21ns	1,17ns	856472,93**	88
Boz ¹	4971	4004	6475	1,04ns	0,31*	1,36*	1934768,81**	80
Sintético Dantado ¹	4913	3881	6518	1,11*	0,04ns	1,11ns	786598,84**	91
BR 106 ¹	4808	3810	6364	1,07ns	0,14ns	1,21ns	1078662,42**	87
Sintético Duro ¹	4788	3982	6040	0,92ns	0,38*	0,53**	728669,95**	87
AL Manduri ¹	4745	3864	6115	0,91ns	-0,43**	0,48**	428030,54ns	92
CMS 50 ¹	4700	3639	6351	1,09ns	0,18ns	1,28ns	1464130,33**	85
CMS 453 ¹	4698	3883	5970	0,84**	0,41**	1,26ns	1210368,28**	87
Assum Preto ¹	4493	3706	5717	0,80**	0,04ns	0,85ns	874595,02**	83
Cruzeta ¹	4469	3744	5602	0,78**	0,45**	1,24ns	940330,17**	84
BR 473 ¹	4199	3542	5220	0,75**	0,01ns	0,76ns	1069260,09**	78
CMS 35 ¹	4140	3394	5300	0,78**	0,09ns	0,87ns	404966,80ns	91
Saracura ¹	4002	3110	5389	0,95ns	-0,28ns	0,67*	1186833,05**	82
Guape 209 ¹	3655	3014	4652	0,69**	0,23ns	0,46**	1815702,99**	62
CMS 47 ¹	3540	2807	4680	0,72**	0,39**	1,11ns	1126861,10**	79
Média	5201							
D. M. S. (5%)	774							

¹ Variedade ² Híbrido simples, ³ híbrido triplo e ⁴ híbrido duplo.** e * Significativamente diferentes da unidade, para b₁ e b₁+b₂ e zero, para b₂ a 1% e 5% de probabilidade pelo teste t de Student, respectivamente.

** e * Significativamente diferente de zero a 5% e 1% de probabilidade, pelo teste F, para os desvios da regressão. N.S.: não-significativo.

híbridos, com rendimento médio de 5.917 kg/ha, superaram em 25% o rendimento médio das variedades, as quais produziram, em média, 4.747 kg/ha. A menor produtividade das variedades em relação aos híbridos é esperada, haja visto que uma variedade de milho é composta por um infinito número de híbridos simples, ao passo que os híbridos, sejam simples, duplos ou triplos são, teoricamente, as melhores combinações híbridas específicas que podem ser obtidas dentro de uma ou mais variedades (Ribeiro et al., 1999). Resultados mostrando a superioridade dos híbridos em relação às variedades foram assinalados por Cardoso et al., 2000, Monteiro et al., 1998 e Carvalho et al., 2000a e 2000b. Dentro do grupo das variedades, nota-se que as AL 25, AL 30, Sertanejo, AL 34, CMS 59, São Francisco e Asa Branca mostraram rendimentos semelhantes a alguns híbridos, evidenciando boa adaptação na região.

Entre as cultivares que expressaram melhor adaptação (rendimentos médios acima da média geral), os híbridos Pioneer 3041, AG 5011, Cargill 929, Cargill 444, Agromen 2003 e BR 206 e a variedade AL 25 mostraram-se muito exigentes nas condições desfavoráveis, apresentando estimativas de $b_1 > 1$ (Tabela 5). Nesse grupo de materiais, ou seja, daqueles de melhor adaptação, apenas a variedade Sertanejo foi menos exigente nas condições desfavoráveis ($b_1 < 1$). Considerando que o rendimento médio das variedades foi de 4.747 kg/ha, variedades que expressaram rendimentos médios acima desse valor, mostraram boa adaptação (Mariotti et al., 1976). Considerando esse aspecto, constata-se que a variedade São Vicente mostrou-se pouco exigente nas condições desfavoráveis e que as CMS 59 e Sintético Dentado mostraram ser exigentes nos ambientes desfavoráveis ($b_1 > 1$).

As estimativas de $b_1 + b_2$, que avalia a resposta das cultivares nos ambientes favoráveis, evidenciou que apenas os híbridos Pioneer 3041, AG 5011 e Agromen 2003 responderam positivamente à melhoria ambiental ($b_1 + b_2 > 1$). No tocante à estabilidade, todas as cultivares avaliadas, à exceção do híbrido Cargill 929 e das variedades AL Manduri e CMS 35, mostraram os desvios da regressão significativos a 1% de probabilidade, pelo teste F, o que, segundo a metodologia adotada, indica comportamento imprevisível nos ambientes estudados (Tabela 5). Entretanto Cruz et al. (1989) ressalta que aquelas cultivares que apresentarem estimativas de $R^2 > 80\%$, mostram um bom ajustamento das retas de regressão, evidenciando boa previsibilidade. Desta forma, as estimativas de R^2 obtidas, à exceção dos valores encontrados para os híbridos Pioneer 3021, Pioneer 3027 e Zeneca 8501 e, nas variedades Guape 209, BR 473 e CMS 47, foram todas superiores a 80%, indicando boa

estabilidade dos materiais estudados nos ambientes considerados.

Quando se avaliam materiais de diferentes bases genéticas, em diferentes condições ambientais, um questionamento que surge, segundo Ribeiro et al. (1999) é com relação a maior ou menor estabilidade dos materiais em função do grupo a que pertencem. Neste contexto, Allard and Bradshaw (1964) concluíram que materiais com base genética mais ampla interagem menos com o ambiente e, conseqüentemente, são mais estáveis. Considerando que a estabilidade no presente trabalho foi avaliada pela estimativa de R^2 (Cruz et al., 1989), constatou-se que as menores estimativas de R^2 foram obtidas na variedade Guape 209 ($R^2 = 62\%$) e nos híbridos duplos Pioneer 3021 ($R^2 = 73\%$) e Pioneer 3027 ($R^2 = 66\%$), sendo, portanto, tais materiais de menor estabilidade. Considerando-se, em termos percentuais, que a estimativa de R^2 pode variar de 0% a 100%, percebe-se que as cultivares avaliadas, apresentaram bom nível de estabilidade, uma vez que, 92% dos materiais estudados tiveram valores de $R^2 > 80\%$. Nota-se, ainda, que dentro de cada grupo, híbridos simples, híbridos triplos híbridos duplos e variedades encontram-se estimativas de $R^2 > 90\%$, o que permite inferir que a maior ou menor estabilidade das cultivares independe de sua base genética, havendo boa concordância com resultados relatados por Ribeiro et al. (1999) e Carvalho et al. (1999c e 2000b).

Considerando os resultados encontrados, depreende-se que, a cultivar ideal preconizada pelo modelo (Cruz et al., 1989), ou seja, aquela que apresenta uma média de produtividade alta (b_0 alto), o b_1 menor possível (menos exigente nos ambientes desfavoráveis), e $b_1 + b_2$ o maior possível (responsivos à melhoria ambiental) e variância dos desvios próxima ou igual a zero (estabilidade nos ambientes considerados), não foi encontrada entre as cultivares avaliadas. Da mesma forma, não foi encontrada qualquer cultivar que atendesse a todos os requisitos necessários para adaptação nos ambientes desfavoráveis. Nesse caso, a cultivar teria que apresentar b_0 alto, b_1 e $b_1 + b_2 < 1$ e variância dos desvios próximas ou igual a zero. Apesar disso, nota-se que a variedade Sertanejo pode ser recomendada para esse tipo de ambiente, por apresentar produtividade média alta (superior à média geral), $b_1 < 1$ (pouco exigente nas condições desfavoráveis) e apresentar estimativa de $b_1 + b_2$ semelhante à unidade. Considerando a média das variedades (4.747 kg/ha), vale ressaltar que a variedade Asa Branca, bastante difundida no Nordeste brasileiro, aproximou-se do genótipo ideal preconizado pelo modelo, por apresentar média alta (superior à média das variedades), adaptação nos ambientes desfavoráveis

($b_1 < 1$), tendência de resposta à melhoria ambiental ($b_1 + b_2 = 1,17$) e boa estabilidade nos ambientes considerados ($R^2 > 80\%$). Essa variedade tem repetido, juntamente, com a variedade Sertanejo, o bom comportamento registrado em outros trabalhos na região (Carvalho et al., 1992, 1998 e 2000a). Para os ambientes favoráveis, destacaram-se os híbridos Pioneer 3041, AG 5011 e Agromen 2003, por apresentarem produtividades médias altas, serem exigentes nas condições desfavoráveis ($b_1 > 1$) e responderem à melhoria ambiental ($b_1 + b_2$), além de mostrarem estabilidade nos ambientes considerados ($R^2 > 80\%$). Vale ressaltar a importância dos híbridos e das variedades que expressaram boa adaptação ($b_0 >$ média geral), b_1 semelhante à unidade (adaptabilidade geral) e alta estabilidade nos ambientes estudados, para exploração comercial na região nos diferentes sistemas de produção predominantes na região.

Conclusões

1. Os híbridos de milho são excelentes alternativas para exploração no Nordeste brasileiro, por mostrarem melhor adaptação que as variedades, principalmente para os ambientes de melhor técnicação.

2. Os híbridos Pioneer 3041, AG 5011 e Agromen 2003 destacam-se nos ambientes favoráveis, por serem pouco exigentes nessas condições e responderem à melhoria ambiental.

3. A variedade Asa Branca se aproxima do genótipo ideal preconizado pelo modelo proposto por Cruz et al., (1989), ao ser comparada com a média detectada para as variedades.

4. O modelo utilizado permite efetuar uma recomendação de cultivares de acordo com o grau de técnicação dos ambientes.

5. Os híbridos e variedades de rendimentos médios superiores à média geral e b_1 semelhantes à unidade têm larga importância para a região, merecendo destaque os híbridos Zeneca 8501, Agromen 3100, AG 3010, SHS 8447 e as variedades AL 30 e AL 34, por expressarem adaptabilidade geral.

Literatura Citada

- ALLARD, R.W.; BRADSHAW, A.D. 1964. Implications of genotype environmental interactions in applied plant breeding 4: 503-508.
- ARIAS, E. R. A. 1995. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho no Estado do Mato Grosso do Sul e avanço genético obtido no período de 1986/87 e 1993/94. Tese Doutorado. Lavras, ESAL. 118p.
- CARDOSO, M. J. et al. 1997. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho no Estado do Piauí no biênio 1993/94. Revista Científica Rural, Bagé, 2 :1,35-44.
- CARDOSO, M. J. et al. 2000. Estabilidade de cultivares de milho no Estado do Piauí. Revista Científica Rural (Brasil) 5 (1): 62-67.
- CARNEIRO, P. C. S. 1998. Novas metodologias de análises de adaptabilidade e estabilidade de comportamento. Tese Doutorado. Viçosa, UFV. 168p.
- CARVALHO, H.W. L. de. et al. 1999a. Adaptabilidade e estabilidade de comportamento de cultivares de milho em treze ambientes nos Tabuleiros Costeiros do Nordeste brasileiro. Pesquisa Agropecuária Brasileira 34 (12): 2225-2234.
- CARVALHO, H.W. L. de. et al. 2000 b. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho no Nordeste brasileiro. Pesquisa Agropecuária Brasileira 35 (6): 1115-1123.
- CARVALHO, H.W. L. de. et al. 2000a. Estabilidade de cultivares de milho em três ecossistemas do Nordeste brasileiro. Pesquisa Agropecuária Brasileira. 35 (9): 1773-1781.
- CARVALHO, H.W. L. de. et al. 1998. Estabilidade de cultivares de milho no Nordeste brasileiro no ano de 1996. Revista Científica Rural (Brasil) 3(2): 20-26.
- CARVALHO, H. W. L. de. et al. 1999c. Estabilidade de cultivares de milho no Nordeste brasileiro no Triênio 1994/95/96. Revista Científica Rural (Brasil) 4 (2): 96-104.
- CARVALHO, H.W. L. de. et al. 1999b. Adaptabilidade e estabilidade de produção de cultivares de milho no Nordeste brasileiro. Pesquisa Agropecuária Brasileira 34 (9): 1581-1591.
- CARVALHO, H. W. L. de; MAGNAVACA, R.; LEAL, M. de L. da S. 1992. Estabilidade de produção de cultivares de milho no Estado de Sergipe. Pesquisa Agropecuária Brasileira 27 (7): 1073-1082.
- CRUZ, C. D.; TORRES, R. A. de; VENCOSKY, R. 1989. An alternative approach to the stability analysis by Silva and Barreto. Revista Brasileira de Genética 12: 567-580.
- EBERHART, S.A.; RUSSEL, W.A. 1966. Stability parameters for companion varieties. Crop Science 6 (1): 36-40.
- FINALY, K.W.; WILKINSON, G. N. 1963. The analysis of adaptation in plant breeding programme. Australian Journal of Agricultural Research 14:742-754.

- LIN, C.S.; BINNS, M.R.1988. A superiority measure of cultivar performance for cultivar x location data. *Canadian Journal of Plant Science* 68 (1): 193-198.
- MARIOTTI, I.A.et al.1976. Analisis de estabilidad y adaptabilidad de genotipos de caña de azucar. I. Interacciones dentro de una localidad experimental. *Revista Agronomica del Nordeste Argentino* 13 (14):105-127.
- MONTEIRO A.A.T. et al. 1998. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho no Estado do Ceará. *Revista Científica Rural (Brasil)* 3 (2): 1-10.
- RAMALHO, M.A.P.; SANTOS, J.B. dos; ZIMMERMANN, M. J. de O. 1993. Interação dos genótipos x ambientes. *In* Ramalho, M.A.P.; Santos, S.B. dos; Zimmermann, M.J. de O. *Genética quantitativa em plantas autógamas: aplicação no melhoramento do feijoeiro*. Goiânia, Editora UFG.pp.131-169. (Publicação, 120).
- RIBEIRO, P.H.E.; RAMALHO, M.A.P.; FERREIRA, D.F. 1999. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho avaliadas em diferentes condições ambientais do Estado de Minas Gerais. *In* Reunion latinoamericana del maiz, 28º, Sete Lagoas, MG. *Memórias*. Sete Lagoas, Embrapa Milho e Sorgo/ CIMMYT. pp.251-260.
- SAS INSTITUTE. 1996. SAS/STAT user's guide: version 6, 4ed., Cary 1. s.p.
- SCAPIM, C.A.; CARVALHO, C.G.P. de.; CRUZ, C.D.1995. Uma proposta de classificação dos coeficientes de variação para a cultura do milho . *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 30 (5): 683-686.
- SILVA, F.B.R. de et al. 1993. Zoneamento ecológico do Nordeste: diagnóstico do quadro natural e agrossocioeconômico. Petrolina, Embrapa-CPATSA/Embrapa-CNPS v.1. s.p.
- VERMA M.M.; CHAHAL, G.S.; MURTY, B.R.1978. Limitations of convencional regression analysis: o proposed modification. *Theoretical and Applied Genetics* 53: 89-91.



PRIMER REGISTRO DE *Milgitha melanoleuca* (HAMPSON, 1896) (LEPIDOPTERA: PYRALIDAE) EN ACHIOTE (*Bixa orellana* L.) EN TABASCO, MEXICO

Saúl Sánchez Soto

Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco. Apartado Postal 24, 86500, H. Cárdenas, Tabasco, México. E-mail:
sanchez_soto@hotmail.com

El objetivo de este trabajo fue identificar al gusano barrenador de la cápsula del achiote (*Bixa orellana* L.) en el estado de Tabasco, México. Para ello, se cosecharon 4150 frutos de dos árboles, los cuales fueron examinados en laboratorio con el fin de detectar daños y larvas de esta plaga. Algunas larvas fueron criadas en laboratorio hasta obtener ejemplares adultos. Después de estudiar larvas y palomillas, la especie fue identificada como *Milgitha melanoleuca* (Hampson) (Lepidoptera: Pyralidae), registrada como plaga de *B. orellana* en Costa Rica.

Palabras clave: Bixaceae, barrenador de la cápsula, Insecta.

First record of *Milgitha melanoleuca* (Hampson, 1896) (Lepidoptera: Pyralidae) on annatto (*Bixa orellana* L.) in Tabasco, Mexico. The aim of this work was to identify the annatto pod borer in the state of Tabasco, Mexico. For it, 4150 pods of annatto (*Bixa orellana* L.) from two trees were collected in the field and examined in the laboratory to detect damage and larvae of this pest. Some larvae were reared in the laboratory up to emergence of moths. After the study of larvae and moths, the species was identified as *Milgitha melanoleuca* (Hampson) (Lepidoptera: Pyralidae), a pest recorded on *B. orellana* in Costa Rica.

Key words: Bixaceae, pod borer, Insecta.

Introducción

El achiote (*Bixa orellana* L.), es una planta originaria del trópico americano, de cuyo fruto o cápsula se extrae el colorante natural denominado bixina, el cual es empleado principalmente para colorear productos alimenticios; además de que contiene cantidades considerables de vitamina C. El achiote también se cultiva como planta de ornato por su follaje y flores atractivas (León, 1968).

En el estado de Tabasco, México, el achiote se cultiva a nivel de huerto familiar por pequeños productores, de preferencia en plantaciones de cacao (*Theobroma cacao* L.), plátano (*Musa* spp.) o papaya (*Carica papaya* L.) (Juárez et al., 1998). No obstante, uno de los problemas que afectan su producción es el daño frecuente causado por plagas, de las cuales se tienen identificadas las siguientes: el trips de banda roja o trips del cacao *Selenothrips rubrocinctus* (Giard) (Thysanoptera: Thripidae), el cual daña el follaje (Sánchez y Sol, 1998); hormigas defoliadoras del género *Atta* (Hymenoptera: Formicidae); la abeja *Trigona* sp. (Hymenoptera: Apidae), que ataca los brotes nuevos y las hojas tiernas, y la

chinche *Leptoglossus zonatus* (Dallas) (Hemiptera: Coreidae) que se alimenta de las cápsulas (Juárez et al., 1998). De acuerdo con estos autores, otra de las plagas que dañan con mayor frecuencia al achiote en Tabasco, es un lepidóptero no identificado, cuya larva ataca las semillas dentro del fruto produciendo serios daños. Debido a ello, y considerando que el primer paso para el control de una plaga es la identificación correcta de la misma, se tuvo a bien realizar la presente investigación con el fin de hacer la determinación de la plaga en cuestión.

Material y Metodos

El trabajo de campo se realizó en un huerto familiar con antecedentes de la presencia de la plaga. El huerto se localiza en el poblado Tecominoacán, que pertenece al municipio de Huimanguillo, Tabasco. El clima en esta zona es cálido-húmedo con lluvias en verano. La temperatura máxima tiene un valor promedio de 30°C y la mínima de 18°C. La precipitación total anual es superior a los 2000 mm. La floración y fructificación de achiote se presenta

de octubre a noviembre, de modo que la cosecha de frutos se realiza de enero a febrero (Juárez et al., 1998). El 19 de enero del año 2000 se llevó a cabo la cosecha de dos árboles de achote que produjeron en total 4150 frutos, los cuales fueron revisados en laboratorio con el fin de detectar daños y larvas de Lepidoptera. Con el propósito de obtener ejemplares adultos, algunas larvas de mayor tamaño fueron depositadas junto con los frutos dañados en frascos de vidrio con arena húmeda. Los adultos emergidos fueron matados en un frasco letal con acetato de etilo; luego se montaron y conservaron para su posterior identificación. Con este mismo fin se conservaron algunos ejemplares en etapa larvaria. Como una primera alternativa para la identificación de la plaga, se buscó información en la literatura científica acerca de los insectos que dañan al achote en el trópico de América. Así, la especie pudo ser determinada consultando el trabajo de Coto y Saunders (1993c).

Resultados y Discusion

El insecto en cuestión se denomina *Milgitha melanoleuca* (Hampson) (Lepidoptera: Pyralidae), el cual fue descrito originalmente por G.F. Hampson en 1896 con el nombre de *Pococera melanoleuca* (Hampson, 1896). El presente trabajo constituye el primer registro de este insecto como plaga del achote en México, ya que no se menciona en la literatura acerca de las plagas que dañan los cultivos agrícolas en este país (MacGregor y Gutiérrez, 1983; Beutelspacher y Balcazar, 1999); sin embargo, ejemplares de esta especie han sido colectados en los estados de México y Chiapas, México (Beutelspacher, 1992).

M. melanoleuca es conocida con anterioridad como una plaga del achote en Costa Rica (Coto y Saunders, 1993c), donde se han realizado estudios acerca de su ciclo de vida, enemigos naturales y distribución temporal (Coto y Saunders, 1993a, 1993b, 1993c).

De acuerdo con Coto y Saunders (1993c), los hábitos y daños de *M. melanoleuca* son los siguientes: La hembra deposita los huevecillos individualmente sobre las cápsulas, ya sea sobre las espinas o entre ellas. La larva del primer estadio se alimenta en el exterior raspando el pericarpio de la cápsula. Las larvas del segundo al quinto estadio se alimentan de las semillas en el interior del fruto, siendo los estadios cuarto y quinto los más dañinos debido a que consumen mayor cantidad de alimento. Externamente el daño se caracteriza por la presencia de orificios en la cápsula, por donde pueden penetrar insectos secundarios y el hongo *Fusarium* sp. que daña las semillas. Internamente el daño se caracteriza por la presencia de excretas y abundante tela de seda producida por las larvas. En cada cápsula atacada se encuentra normalmente una sola larva. Las cápsulas comienzan a ser atacadas cuando miden 1x1.5 cm, ya sea por larvas de primer estadio o por larvas del segundo al cuarto estadio, las cuales se desplazan de un fruto a otro por medio

de un hilo de seda que ellas fabrican. Al alcanzar su máximo desarrollo, la larva del quinto estadio sale del fruto para pupar en el suelo.

Por otro lado, de las 4150 cápsulas cosechadas, sólo se encontraron daños en 17 de ellas, lo que equivale al 0,41% de frutas dañadas. Aunque esta cifra es pequeña, no se puede considerar a *M. melanoleuca* como una plaga de menor importancia, ya que este dato proviene de un solo punto y de una sola fecha de muestreo, y por lo tanto no es representativo. Coto y Saunders (1993b) determinaron daños desde aproximadamente el 5% al 50% de cápsulas, en diferentes introducciones de *B. orellana* en Costa Rica. Estos autores comentan que el parasitismo en la plaga así como la variedad y fenología de la planta son algunos de los factores que influyen en la incidencia de *M. melanoleuca*. De aquí la importancia de conocer los factores que pueden afectar las poblaciones de este insecto en Tabasco, donde la aplicación de insecticidas químicos constituye la única recomendación para el control de plagas del cultivo de achote (Juárez et al., 1998).

Agradecimientos

Agradezco al Sr. Filemón Presenda Santiago, del Colegio de Postgraduados-Campus Tabasco, por su valioso apoyo en el trabajo de laboratorio y campo.

Literatura Citada

- BEUTELSPACHER B., C.R. 1992. Catálogo de la Colección Roberto Müller (Lepidoptera: Heterocera) del Museo de Historia Natural de la ciudad de México. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. México. 465 p. Cuadernos 15.
- BEUTELSPACHER B., C.R.; BALCAZAR, M.A. 1999. Lepidoptera. In: Catálogo de insectos y ácaros plaga de los cultivos agrícolas de México. México. Sociedad Mexicana de Entomología, Publicaciones Especiales Número 1. pp. 83-98.
- COTO, T.D.; SAUNDERS, J.L. 1993a. Parasitoides de huevos y pupas de *Milgitha melanoleuca* Hampson (Lepidoptera: Pyralidae) barrenador de cápsulas del achote (*Bixa orellana* L.). Manejo Integrado de Plagas 26: 21-22.
- COTO, T.D.; SAUNDERS, J.L. 1993b. Distribución temporal de *Milgitha melanoleuca* Hampson (Lepidoptera: Pyralidae) barrenador de la cápsula del achote (*Bixa orellana* L.) durante el período de producción. Manejo Integrado de Plagas 26: 23-27.
- COTO, T.D.; SAUNDERS, J.L. 1993c. Ciclo de vida de *Milgitha melanoleuca* Hampson (Lepidoptera: Pyralidae) barrenador de la cápsula del achote (*Bixa orellana* L.). Manejo Integrado de Plagas 27: 54-57.
- HAMPSON, G.F. 1896. On the classification of three subfamilies of moths of the family Pyralidae: The Epipaschiinae, Endotrichinae and Pyralinae. Transactions of the Entomological Society of London. 4:451-550.
- JUAREZ R.; M.I.G., MORALES R.; J.C. y CHACON E., J.C. 1998. Manual para el cultivo de achote (*Bixa orellana* L.) en el estado de Tabasco. Villahermosa, Instituto para el Desarrollo de Sistemas de Producción del Trópico Húmedo de Tabasco, 16 p.
- LEON, J. 1968. Fundamentos botánicos de los cultivos tropicales. San José, Costa Rica. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, Organización de los Estados Americanos. 487 p.
- MACGREGOR, R.; GUTIERREZ, O. 1983. Guía de insectos nocivos para la agricultura en México. Alhambra Mexicana. México. 166 p.
- SANCHEZ S., S.; SOL S., A. 1998. Plantas hospederas de tres plagas del cacao en Tabasco, México. Agrotrópica (Brasil) 10(2): 119-122.