

Agrotropical

Volume 15, número 1, janeiro a abril de 2003



Ministério da Agricultura,
Pecuária e Abastecimento

Centro de Pesquisas do Cacau
Brasil



Comissão Executiva do Plano da Lavoura
Órgão vinculado ao Ministério da Agricultura

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: Wellington Duarte da Costa

Centro de Pesquisas do Cacau (CEPEC)

Chefe: Uilson Vanderlei Lopes

Serviço de Pesquisas

Chefe: José Luis Pires

Serviço de Suporte Técnico

Chefe: Adonias de Castro Virgens Filho

Centro de Extensão (CENEX)

Chefe: Paulo Roberto Siqueira

Superintendência Regional da Amazônia Ocidental (SUPOC)

Superintendente: Francisco Chagas R. Sobrinho

Superintendência Regional da Amazônia Oriental (SUPOR)

Superintendente: Aliomar Arapiraca da Silva

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 *Agrotrópica*.

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)/CEPLAC.

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

Editor: Miguel A. Moreno-Ruiz

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

Normalização de referências bibliográficas: Maria Christina de C. 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. E-mail: 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.15

Janeiro - abril 2003

N.1

CONTEÚDO

ARTIGOS

- 1 Efeito do composto da casca do fruto de cacau no crescimento e produção do cacaueiro. **R. E. Chepote.**
- 9 Comparação entre o crescimento de plântulas e plântulas micropropagadas de variedades cítricas (em inglês). **I. P. Singh, V. A. Parthasarathy, P. J. Handique.**
- 17 Efeito da baixa temperatura sobre a qualidade fisiológica de sementes de variedades híbridas de cacau no estado de Rondônia, Brasil. **F. L. de O. Corrêa, O. Trevisan, C. M. V. C. de Almeida, A. D. Veiga.**
- 25 Modelo para simulação da evolução da vassoura-de-bruxa do cacaueiro na Bahia: validação do modelo. **R. B. Sgrillo, K. R. P. A. Sgrillo.**
- 33 Adaptabilidade e estabilidade de híbridos de milho no Nordeste brasileiro no ano agrícola de 2000/2001. **H. W. L. de Carvalho, M. J. Cardoso, M. de L. da S. Leal, M. X. dos Santos, J. N. Tabosa.**
- 41 Uso de marcadores moleculares RAPD e microssatélites visando a confirmação da fecundação cruzada entre *Theobroma cacao* e *Theobroma grandiflorum*. **F. G. Faleiro, J. L. Pires e U. V. Lopes.**
- 47 Manejo do cacaueiro silvestre em várzea do estado do Amazonas, Brasil. **L. C. de Almeida, A. M. de Brito.**
- 53 Desempenho de cultivares de milho na Região Meio-Norte do Brasil. **M. J. Cardoso, H.W.L. de Carvalho, M. de L. da S. Leal, M. X. dos Santos e A. C. de Oliveira.**
- 61 Efeitos da adubação NPK e da calagem na fertilidade do solo e na produção da seringueira no Estado de São Paulo. **A. de C. Virgens Filho, A. Moreira, P. R. de C. e Castro.**
- 69 Papel de um antioxidante na taxa fotossintética líquida, partição do carbono e acumulação de óleo na menta doce (em inglês). **A. Misra, N. K. Srivastava, S. Sharma.**
- 75 Avaliação de quatro variedades de bananeiras introduzidas no Sul da Bahia. **J. B. V. Leite, A. B. G. Martins, R. R. Valle, R. D. Lins.**



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)/CEPLAC.

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

Editor: Miguel A. Moreno-Ruiz

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

Revision of bibliographical references: Maria Christina de C. 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: agotrop@cepec.gov.br

Circulation: 650 copies.

AGROTRÓPICA

V.15

January - April 2003

N.1

CONTENTS

ARTICLES

- 1 Effects of cacao husk compost on growth and production of cacao (in Portuguese). **R. E. Chepote.**
- 9 Comparative growth of micropropagated plantlets and seedlings of citrus varieties. **I. P. Singh, V. A. Parthasarathy, P. J. Handique.**
- 17 Effect of the low temperature on seed quality of cacao hybrid varieties in the Rondônia State, Brazil (in Portuguese). **F. L. de O. Corrêa, O. Trevisan, C. M. V. C. de Almeida, A. D. Veiga.**
- 25 Simulation model for the development of witches' broom disease of cacao in Bahia: Model validation (in Portuguese). **R. B. Sgrillo, K. R. P. A. Sgrillo.**
- 33 Adaptability and stability of maize hybrids in the Brazilian Northeast Region (in Portuguese). **H. W. L. de Carvalho, M. J. Cardoso, M. de L. da S. Leal, M. X. dos Santos, J. N. Tabosa.**
- 41 Use of RAPD and microsatellite molecular markers to confirm the artificial crosses between *Theobroma cacao* and *Theobroma grandiflorum* (in Portuguese). **F. G. Faleiro, J. L. Pires and U. V. Lopes.**
- 47 Management of wild cocoa in the flat lands of the State of Amazonas, Brazil (in Portuguese). **L. C. de Almeida, A. M. de Brito.**
- 53 Corn cultivars performance in the Middle-North Brazilian region (in Portuguese). **M. J. Cardoso, H. W. L. de Carvalho, M. de L. da S. Leal, M. X. dos Santos and A. C. de Oliveira.**
- 61 Effect of lime and NPK fertilization on soil fertility and rubber production in São Paulo State, Brazil (in Portuguese). **A. de C. Virgens Filho, A. Moreira, P. R. de C. and Castro.**
- 69 Role of an antioxidant on net photosynthetic rate, carbon partitioning and oil accumulation in sweet mint. **A. Misra, N. K. Srivastava, S. Sharma.**
- 75 Evaluation of four varieties of banana tree in the South of Bahia region (in Portuguese). **J. B. V. Leite, A. B. G. Martins, R. R. Valle, R. D. Lins.**

Instruções aos Autores

1. O original para publicação em português, inglês ou espanhol, deve ter no máximo 18 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. O artigo deverá ser encaminhado à Comissão Editorial da revista em 4 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 três das quatro vias impressas, deverão ser omitidos o(s) nome(s) do autor(es) e agradecimentos, pois essas vias serão enviadas a assessores científicos para análise. As figuras e tabelas devem vir à parte.

2. 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 tópico 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 tabelas e figuras com suas respectivas análises estatísticas. As conclusões devem ser frases curtas, com o verbo no presente do indicativo, sem comentários adicionais e derivadas dos objetivos do artigo.

4. **Título** - Deve ser conciso e expressar com exatidão o conteúdo do trabalho, com no máximo 15 palavras.

5. **Resumo e Abstract** - Devem conter no máximo 200 palavras; Abstract deve ser tradução fiel do resumo.

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

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

8. **Figuras** (gráficos, desenhos, mapas) devem ser apresentadas com qualidade que permita boa reprodução gráfica; devem ter 8,2 cm ou 17 cm de largura; as fotografias devem ser escaneadas com 300 dpi e gravadas em arquivo TIF, separadas do texto.

9. **Tabelas** - As tabelas devem ser apresentadas em Word ou Excel, e os dados digitados em Times New Roman.

10. **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. *Agrotrópica* (Brasil) 8(2): 39 - 44.

LIVRO

BALL, D.M., HOVELAND, C.S.; 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.; 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 completos 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 in Portuguese, English or Spanish, not exceed 18 numbered pages, format A4 (21.0 x 20.7 cm), in Times New Roman, 12, 1.5 spaced (except Resumo and Abstract, simple spaced) typed in Word. The article must be addressed to the Editorial Commission in 4 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. Three out of the four 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 - 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 (not exceed 15 words) and express the real scope of the work.

5 - Abstract - No more than 200 words.

6 - Key words - Six 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; photos should be scanned at 300 dpi and recorded, out of the text, in TIF file.

9 - Tables - It should be present in Word and data typed in Times New Roman.

10 - 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. *Agrotropica* (Brasil) 8(2): 39 - 44.

BOOKS

BALL, D.M., HOVELAND, C.S. and LACEFIELD, G.D. 1991. Southern forrages. 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 nº 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 include only published papers. After attending the corrections of the reviewers the author should return to the Editor a definitive copy of the corrected version and a diskette copy in the software recommended by the editors.

Authors will receive 15 reprints of their published paper.

EFEITO DO COMPOSTO DA CASCA DO FRUTO DE CACAU NO CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DO CACAUEIRO

Rafael Edgardo Chepote

Centro de Pesquisas do Cacau, Caixa Postal 7, 45600-970, Itabuna, Bahia, Brasil

Avaliou-se o efeito do composto da casca do fruto de cacau e do esterco de curral, na presença e ausência de adubo mineral, em cacaueiros plantados em Latossolo Vermelho-Amarelo unidade Valença (Typic hapludox, Haplorthoxs var. cristalino), nas fases de crescimento (diâmetro do caule a 10 cm do solo) e produtiva (amêndoas secas, kg.ha⁻¹). O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso com 6 tratamentos e 5 repetições. Os tratamentos constituíram-se de: 1) testemunha (sem adubo); 2) adubo mineral, 255 kg.ha⁻¹ da fórmula 13-35-10; 3) 8,8 t.ha⁻¹ de composto de casca de cacau; 4) 8,8 t.ha⁻¹ de esterco de curral; 5) 4,4 t.ha⁻¹ de composto de casca de cacau + 127,5 kg.ha⁻¹ da fórmula 13-35-10; 6) 4,4 t.ha⁻¹ de esterco de curral + 127,5 kg.ha⁻¹ da fórmula 13-35-10. Tanto na fase de crescimento (1987-1991) como na produtiva (1991-1995) as respostas mais expressivas foram detectadas com o tratamento 5, que aumentou significativamente ($P < 0,05$) a produção quando comparada com os tratamentos 1 e 3, sem diferir estatisticamente da produção dos tratamentos 2, 4 e 6. Nessas fases, a aplicação do tratamento 5 provocou, na folha, incrementos significativos ($P < 0,05$) na absorção de P, Mg e Zn. Por outro lado, no mesmo período a adição do tratamento 6 aumentou significativamente ($P < 0,05$) os teores de Ca, Mg, Zn e Mn na folha. A adubação orgânica à base de 8,8 t.ha⁻¹ de composto de casca de cacau aumentou, no solo, os níveis de Ca (2,24 para 3,28 cmol_c.dm³), Mg (0,83 para 1,44 cmol_c.dm³), e C (2,54 para 2,72 g.kg⁻¹). A adição de 8,8 t.ha⁻¹ de esterco de curral promoveu incrementos no solo nos teores de N (0,23 para 0,26 g.kg⁻¹), Ca (2,24 para 3,17 cmol_c.dm³), Mg (0,83 para 1,43 cmol_c.dm³), C (2,54 para 2,94 g.kg⁻¹), Cu (3 para 8 mg.kg⁻¹) e Mn (13 para 28 mg.kg⁻¹). A análise conjunta da produção de cacau (amêndoas secas, kg.ha⁻¹), de forma similar aos resultados de crescimento, evidenciou que a utilização de 4,4 t.ha⁻¹ de composto de casca de cacau + 127,5 kg.ha⁻¹ da fórmula 13-35-10 promoveu aumento de 991 kg.ha⁻¹ de amêndoas de cacau secas, em relação à testemunha, na produção do cacaueiro e reduziu em 50% o emprego de fertilizantes minerais.

Palavras-chave: *Theobroma cacao*, adubação orgânica, estrume de gado, crescimento, produção.

Effects of cacao husk compost on growth and production of cacao. The effects of cacao husk compost and cattle manure was evaluated, with and without mineral fertilizer, on cacao planted in a Haplorthoxs var. crystalline (Typic hapludox, Valença unit) at the growth (measurement of stem diameter at 10 cm above soil level) and production (dry seeds, kg ha⁻¹) phases. The experiment was arranged in a randomized complete block design with six treatments and five replications. The treatments were: 1) control; 2) mineral fertilizer, 255 kg.ha⁻¹ of 13-35-10; 3) 8.8 t ha⁻¹ of cacao husk compost; 4) 8.8 t ha⁻¹ of cattle manure; 5) 4.4 t ha⁻¹ of cacao husk compost + 127.5 kg ha⁻¹ of 13-35-10; 6) 4.4 t ha⁻¹ of cattle manure + 127.5 kg ha⁻¹ of 13-35-10. In both, growth (1987-1991) and production (1991-1995) phases the more expressive responses were found with the application of treatment 5 which significantly increased production compared to treatments 1 and 3, although, did not statistically differed from treatments 2, 4 and 6. In both phases, treatment 5 significantly increased the concentration of leaf P, Mg and Zn. Treatment 6 also increased, in the same phases, leaf concentrations of Ca, Mg, Zn and Mn. Application of 8.8 t.ha⁻¹ of cacao husk compost increased soil levels of Ca (from 2.24 to 3.28 cmol_c.dm³), Mg (from 0.83 to 1.44 cmol_c.dm³) and C (from 2.54 to 2.72 g.kg⁻¹). Addition of 8.8 t.ha⁻¹ of cattle manure promoted increases of soil concentrations of N (from 0.23 to 0.26 g.kg⁻¹), Ca (from 2.24 to 3.17 cmol_c.dm³), Mg (from 0.83 to 1.43 cmol_c.dm³), C (from 2.54 to 2.94 g.kg⁻¹), Cu (from 3 to 8 mg.kg⁻¹) and Mn (from 13 to 28 mg.kg⁻¹). Production data analysis, similarly to growth data, showed that the use of 4.4 t.ha⁻¹ of cacao husk compost + 127.5 kg.ha⁻¹ of 13-35-10 increased yield of dry seeds by 991 kg.ha⁻¹, compared to the control and reduced by 50% the use of mineral fertilizer.

Key words: *Theobroma cacao*, organic fertilization, cattle manure, growth, production.

Introdução

O aumento no preço dos fertilizantes químicos, notadamente os derivados do petróleo tem forçado o aproveitamento de resíduos agrícolas, exigindo da pesquisa maior atenção na busca de soluções para utilização econômica dos mesmos. Atualmente, muitos resíduos são perdidos no campo por não serem coletados e reciclados, ou destruídos com a prática das queimadas.

A reciclagem dos resíduos orgânicos e o melhor aproveitamento dos recursos naturais vêm assumindo importância na agricultura sustentável, de forma a reduzir os custos de produção e minimizar o impacto ambiental.

Na região Cacaueira do Sul da Bahia, a casca do fruto do cacau é um subproduto que, normalmente, não é aproveitado nas práticas de adubação do cacau. As análises químicas das cascas recém colhidas e secas a 70°C tem revelado teores de elementos que correspondem a 1,20 dag kg⁻¹ de N; 1,10 dag kg⁻¹ de P; 3,88 dag kg⁻¹ de K; 0,52 dag kg⁻¹ de Ca e 0,36 dag kg⁻¹ de Mg (Santana e Cabala-Rosand, 1982). As cascas frescas do fruto do cacau podem ser usadas na alimentação de animais domésticos, na produção de energia (gás metano) e na adubação orgânica sob a forma de composto. Desta maneira, a compostagem de casqueiros, após a quebra do cacau, é uma fonte alternativa de fertilizantes que, concomitantemente, contribui para inativação do inoculo do agente causal da podridão parda *Phytophthora* spp (Chepote, Santana e De Leon, 1990).

Pesquisas incorporando composto de resíduo urbano ao solo têm mostrado que além da melhoria das condições físicas, concorre para o aumento da atividade biológica, o fornecimento de macro e micronutrientes para a planta e a redução do alumínio trocável do solo (Mazur, Velloso e Santos, 1983; Sing e Jones, 1976; Neller, 1953; Hensler, Olsen e Attoe, 1970; El Barun and Olsen, 1948; Lopez- Hernandez et al, 1979).

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do composto a base de casca de fruto de cacau e do esterco de curral, na presença e ausência de adubo mineral, no crescimento e produção de cacaueiros plantados em solo Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido na fazenda Oricó, município de Ibirapitanga, Bahia, num Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, unidade Valença (Typic hapludox), caracterizado por acidez elevada (pH 4,6 e Al³⁺ 0,9 cmol kg⁻¹) e baixo teor de P disponível (2 mg kg⁻¹). Uma descrição mais detalhada desse solo foi apresentada por Silva et al (1975).

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com seis tratamentos e cinco repetições. Cada unidade experimental foi constituída de doze plantas de cacau, implantadas em julho de 1987, através do método de derruba total da floresta, sendo plantada bananeira (*Musa spp.*) como sombra provisória e, eritrina (*Erithryna speciosa* Andrews), como sombreamento permanente. Os tratamentos constituíram-se de: 1) testemunha (sem adubo); 2) adubo mineral, 255 kg.ha⁻¹ da fórmula 13-35-10; 3) 8,8 t.ha⁻¹ de composto; 4) 8,8 t.ha⁻¹ de esterco de curral; 5) 4,4 t.ha⁻¹ de composto + 127,5 kg.ha⁻¹ de 13-35-10; 6) 4,4 t.ha⁻¹ de esterco de curral + 127,5 kg.ha⁻¹ de 13-35-10. A aplicação do nitrogênio foi fracionada, sendo metade juntamente com o K e o P em setembro e, metade em fevereiro de cada ano.

Por ocasião da implantação da cultura, as misturas fertilizantes foram aplicadas 25% da dose na cova, e nos dois primeiros anos após plantio, em cobertura em volta da planta, a razão de 50% da dose até 50 cm, no primeiro ano, e 75% até 120 cm, no segundo ano. A partir do terceiro ano, aplicou-se a dose completa em volta da planta, num raio de 150 cm.

Os dados de crescimento e produção foram submetidos a análise de variância, sendo que as médias foram comparadas pelo teste de Duncan a 5%, fazendo-se uso do Sistema de Análise Estatístico, SAS (SAS Institute, 1982).

O composto foi preparado em local plano, numa área de 2m x 4m. Colocou-se inicialmente uma camada de 15 cm de casca de cacau fresca triturada e, em seguida, uma camada de 5 cm de esterco de curral fresco, e assim sucessivamente até alcançar 1,15 de altura, sendo a última camada de casca de cacau. Para possibilitar a aeração, perfurou-se a pilha, com um bastão de 10 cm de diâmetro. Finalmente a pilha foi coberta com palha de capim e um toldo de plástico para reduzir as perdas de nitrogênio por volatilização e protegê-la das chuvas.

A fim de manter a massa com grau adequado de temperatura (60 a 70°C), assim como, mistura e desintegração uniformes, efetuaram-se várias viradas na pilha no sentido do comprimento. A primeira virada foi feita aos 21 dias após a formação da pilha, e mais quatro viradas subseqüentemente, com intervalos de 21 dias.

O esterco de curral foi fermentado a céu aberto, seguindo-se o mesmo intervalo e número de viradas que no preparo do composto, mantendo-se cuidados semelhantes, no manejo da pilha, para evitar as perdas de nutriente por volatilização e pela água das chuvas. Tanto o composto de casca do fruto de cacau + esterco de curral, como o esterco de curral foram analisados (Tabela 1), conforme metodologia proposta por Kiehl (1985).

Tabela 1. Características químicas do composto da casca do fruto de cacau + esterco de curral e do esterco de curral.

Composto	pH	g kg ⁻¹						mg kg ⁻¹					
		C	C/N	M.Org	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg	Fe	Zn	Cu	Mn
Casca de cacau + esterco de curral	6,5	9,04	9,04	15,58	1,0	0,5	0,4	0,4	0,3	9767	62	215	249
Esterco de curral	n.d.	4,76	9,53	8,2	0,5	0,5	1,5	1,3	0,6	4468	57	28	169

Para avaliar os efeitos dos tratamentos durante a fase de desenvolvimento do cacauero (1987-1991) mediu-se, semestralmente, o diâmetro do caule a 10 cm do solo. Na fase produtiva (1991-1995), foram consideradas as produções de amêndoas de cacau secas, expressas em quilogramas por hectare.

Coletaram-se amostras de solo nas profundidades de 0-5; 5-10; 10-15 e, 15-20 cm anualmente, entre 1987-1995, sendo que se utilizaram as médias das profundidades de 0-5 e 5-10 cm para avaliar as alterações na fertilidade do solo devido aos efeitos dos tratamentos. Amostras de folhas foram coletadas anualmente no período 1990-1995. A folha coletada foi a terceira folha verde a partir do ápice do ramo exposto ao sol, localizado na altura média da copa da planta (Malavolta, 1987). A coleta foi feita no verão a fim de acompanhar o estado nutricional das plantas, (N, P, K, Ca, Mg, Zn, Cu e Mn), conforme a aplicação de adubo orgânico a base de composto de casca de cacau, na presença e ausência de adubo mineral.

Resultados e Discussão

Nutrientes no solo

O efeito da utilização do composto de casca de cacau, do esterco de curral e da associação de ambos com adubo mineral, podem ser observados nos Tabelas 2 e 3. A aplicação de 8,8 t.ha⁻¹ de composto de casca de cacau (T-3) aumentou significativamente ($P \leq 0,05$) os teores de Ca, (2,24 para 3,28 cmol_c.dm³); Mg (0,83 para 1,44 cmol_c.dm³); e C (2,54 para 2,72 g kg⁻¹), em comparação com os teores existentes no solo do tratamentos T-1 (sem adubo), sem contudo diferir estatisticamente dos teores desses nutrientes nos tratamentos 2, 4, 5 e 6. Resultados semelhantes foram encontrados com utilização de fertilizantes orgânicos por Hensler, Olsen e Attoe (1970); Ernani e Gianello (1982), Hoyt e Turner (1975); Thomas (1975); Holanda, Mielniczuck e Stammel (1982), Kiehl (1985).

O suprimento de nutrientes às plantas pode ser feito

tanto pela adubação mineral como pela orgânica, combinadas ou isoladas. Estudos realizados por Vitosh, Davis e Knezer (1973); Mathers e Stewart, 1974 e Baldock e Musgrave (1980), evidenciaram que doses inferiores a 20 t.ha⁻¹ ano⁻¹ de esterco de animais mostraram-se suficientes para maximizar a produção de culturas. No presente estudo a eficiência de adubação só com esterco (8,8 t.ha⁻¹) foi caracterizada ao elevar os teores de N, Ca, Mg, Cu, C, e Mn do solo, na ordem de 13, 41, 80, 16, 167, e de 115% respectivamente, quando confrontados com os teores desses nutrientes no solo do tratamento 1. Resultados semelhantes foram encontrados por Kiehl, (1985); Sampaio., et al (1985); Liebhardt, (1976); Holanda, Torres Filho e Bezerra Neto (1984). Esse mesmo tratamento evidenciou aumentos significativos nos teores de K, quando comparados com os teores desse elemento no tratamento adubo mineral: T-2, Tabelas 2 e 3.

A adubação mineral (T-2), promoveu aumentos significativos ($P \leq 0,05$) nos teores de P (2 para 13 mg.kg⁻¹), Ca + Mg (3,08 para 4,05 cmol_c.dm³), Zn (6 para 18 mg. kg⁻¹) e Mn (13 para 25 mg. kg⁻¹) no solo. A disponibilidade nos teores de Zn (6 para 19 mg. kg⁻¹) e de Mn (13 para 32 mg. kg⁻¹) no solo aumentaram significativamente ($P < 0,05$) devido a aplicação de adubo mineral + esterco de curral (T-6). Estes resultados corroboram os resultados encontrados por Holanda, Torres Filho e Bezerra Neto (1984). Nota-se que houve um incremento no teor de Zn (6 para 21 mg. kg⁻¹) no solo, devido a adição de adubo mineral + composto da casca de cacau (T-5), Tabelas 2 e 3.

A adição de composto de casca de cacau (T-3) e do esterco de curral (T- 4), não provocaram reduções significativas ($P \leq 0,05$) nos teores de alumínio trocável do solo, nem aumentos nos valores de pH do solo. Esse fato deve estar relacionado principalmente à baixa dosagem do composto de casca de cacau e do esterco de curral utilizado. Estes resultados são parcialmente similares aos obtidos por Holanda, Mielniczuck e Stammel (1982), que apesar de ter conseguido reduzir os teores de alumínio trocável do solo, não conseguiram promover incrementos significativos nos valores de pH, por causa das pequenas doses utilizadas Tabela 2.

Tabela 2. Valores de pH, concentração de alumínio trocável, cálcio, magnésio, cálcio + magnésio, potássio, carbono, nitrogênio e fósforo do solo unidade Valença (Typic Hapludox), no período (1987-1995), após aplicação de tratamentos fertilizantes. Média de cinco repetições.

Nº Tratamentos	pH	Al	Ca	Mg	Ca+Mg	K ₂ O	C	N	P ₂ O ₅
1. Testemunha	4,6 a	0,9a	2,25b	0,83b	3,08c	0,21abc	2,54c	0,23b	2b
2. Adubação Mineral	4,6 a	0,9a	3,09a	0,96b	4,05ab	0,17 bc	2,60bc	0,24ab	13a
3. Composto casca cacau	4,8 a	0,7a	3,28a	1,44 a	4,72 a	0,22 ab	2,72b	0,25ab	3b
4. Esterco de curral	4,6 a	0,8a	3,18a	1,49 a	4,67 a	0,22 a	2,94a	0,26a	4b
5. Ad. Min. + Composto	4,6 a	0,9a	2,45b	1,01b	3,46bc	0,17 bc	2,62bc	0,23b	6b
6. Ad. Min. + Esterco	4,6 a	0,9a	2,67ab	0,93b	3,60b	0,16 c	2,58bc	0,24ab	6b
C.V.%	6,4	44,0	38,9	41,6	35,8	49,2	10,7	16,9	123,5

Em cada linha, médias seguidas pela mesma letra não diferem entre sé pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

Tabela 3. Concentrações de ferro, zinco, cobre e manganês no solo em função da aplicação de composto de casca de cacau, esterco de curral, adubo mineral e associações organominerais, no período de 1987-1995. Média de cinco repetições.

Nº Tratamentos	Fe	Zn	Cu	Mn
1. Testemunha	161a	6b	3b	13c
2. Adubação Mineral	141a	18a	3b	25a b
3. Composto casca cacau	137a	7b	4b	24ab
4. Esterco de curral	159a	16ab	8a	28ab
5. Ad. Min. + Composto	163a	21a	4b	21bc
6. Ad. Min. + Esterco	142a	19a	3b	32a
C.V.%	28,0	119,0	127,2	67,0

Em cada linha, médias seguidas pela mesma letra não diferem entre sé pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

Nutrientes extraídos pela planta

A Tabela 4 apresenta a concentração média de nutrientes na terceira folha do ramo exposto ao sol. A aplicação de composto da casca do fruto de cacau, esterco de curral, adubo mineral e da associação organomineral, provocaram aumentos nos teores de Ca, Mg, Zn, e Mn, e diminuição da concentração de K, em relação a testemunha (sem adubo).

Observa-se que a aplicação de composto de casca de cacau + adubo mineral (T-5) no solo, provocou aumentos significativos ($P < 0,05$), na concentração de P, Mg, e Zn na folha do cacauzeiro na ordem de 10, 12 e 58% respectivamente, indicando que houve maior absorção desses nutrientes pelas plantas, confirmando a principal característica do composto que é a de fornecimento de nutrientes através da mineralização (Mazur, Velloso e Santos, 1983).

A eficiência da adubação do esterco de curral + adubação mineral (T-6), foi evidenciada ao promover aumento significativo na concentração de Ca, Mg, Zn, e Mn na folha do cacauzeiro na ordem de 21, 18, 77 e 19% respectivamente, devido à associação de ambos adubos.

Observa-se entretanto que a concentração de K na planta foi significativamente menor em todos os tratamentos quando confrontados com a concentração desse nutriente no tratamento 1 (sem adubo). Estes resultados são similares aos encontrados por Ruiz et al (1995). Por outro lado, não foi detectado efeito significativo na concentração de N na planta, embora a concentração desse nutriente em todos os tratamentos (média 23,45 g. kg⁻¹), tenha sido superior a apresentada como adequada para o cacauzeiro por Malavolta (1987).

Tabela 4. Concentrações de macronutrientes e micronutrientes na folha nº3 do cacauero submetido a aplicação de composto de casca de cacau, esterco de curral, adubo mineral e associações organominerais. Amostragem realizada no período de 1990-1995. Média de cinco repetições.

Nº Tratamentos	g kg ⁻¹			mg kg ⁻¹				
	N	P	Ca	Mg	K	Zn	Cu	Mn
1. Testemunha	23,5a	1,10 b	11,8b	6,4d	16,9a	75e	190a	504b
2. Adubação Mineral	23,2a	1,16a b	14,0a	7,1bc	13,5c	105c	167a	520b
3. Composto casca cacau	23,9a	1,15a b	13,5a	7,0c	15,3b	83ed	141a	517b
4. Esterco de curral	23,4a	1,18a b	13,6a	7,5ab	14,3bc	90d	216a	611a
5. Ad. Mín. + Composto	23,8a	1,21a	12,8ab	7,2abc	14,1bc	119b	134a	514b
6. Ad. Mín. + Esterco	22,9a	1,18a b	14,3a	7,6a	13,3c	133 ^a	333a	602a
C.V.%	6,8	11,6	15,7	9,6	15,2	21,5	136,2	21,7

Em cada linha, médias seguidas pela mesma letra não diferem entre sé pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

A adubação mineral (T-2), aumentou significativamente os teores de Ca (11,8 para 14,0 g. kg⁻¹), Mg (6,4 para 7,1 g. kg⁻¹) e Zn (75 para 105 mg.kg⁻¹) no cacauero. Por outro lado, a aplicação de composto de casca de cacau (T-3), promoveu incrementos significativos nos teores de Ca (11,8 para 13,5 g. kg⁻¹) e Mg (6,4 para 7,0 g. kg⁻¹) na parte aérea da planta. A adição de esterco de curral (8,8 t. ha⁻¹), (T-4), promoveu incrementos significativos nos teores de Ca (11,8 para 13,6 g. kg⁻¹), Mg (6,4 para 7,5 g. kg⁻¹), Zn (75 para 90 mg. kg⁻¹) e Mn (504 para 611 mg. kg⁻¹) na folha do cacauero evidenciando desta maneira, uma concentração superior aos teores indicados como adequados para este cultivo por Malavolta (1987).

Crescimento da planta

O efeito da aplicação do composto da casca do fruto de cacau, esterco de curral, adubo mineral e associações

organominerais no crescimento do cacauero, expresso em diâmetro do caule a 10 cm do solo no período de 1987 -1990, esta apresentado na Figura 1. A aplicação de composto de casca de cacau: T-3, promoveu incrementos no crescimento do diâmetro do caule das plantas, quando comparado com o crescimento dos cacaueros promovido com a adição de adubo mineral (T-2) e com a parcela sem adubo (T-1), não evidenciando, entretanto, diferença estatística no crescimento dos cacaueros proveniente da adição de esterco de curral (T- 4), do uso de adubo mineral + composto de casca do fruto de cacau (T- 5) e/ou esterco de curral (T-6). A utilização de esterco de curral (T-4) e de esterco de curral + adubo mineral, provocaram diferenças significativas ($P \leq 5\%$) no crescimento do diâmetro do caule das plantas, quando confrontado com parcela sem adubo, sem contudo diferir da aplicação do adubo mineral (T-2). Estes resultados concordam com os encontrados por Holanda, Mielniczuck e Stammel, (1982) e Tenório et al. (1979).

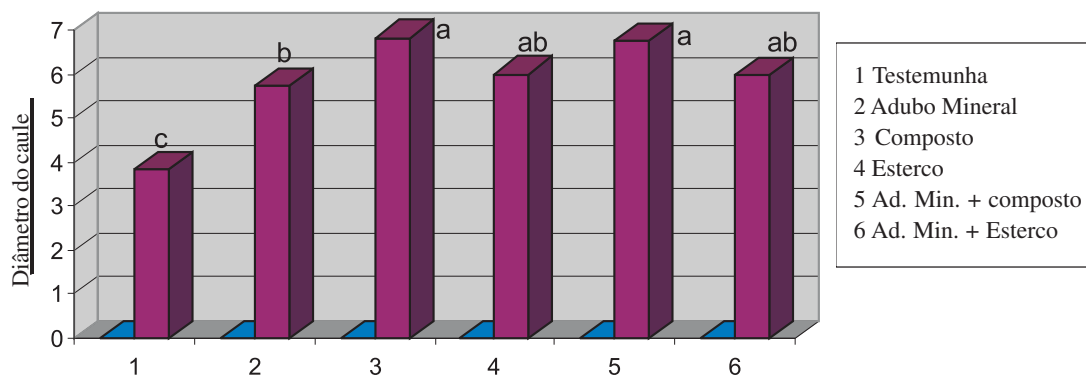


Figura 1. Efeitos da aplicação de composto de casca de cacau, esterco de curral, adubo mineral e associações organominerais no crescimento do cacauero: 1987-1990.

A aplicação de composto de casca de cacau (T-3), evidenciou as respostas mais expressivas no crescimento do diâmetro do caule, quando comparado com a adição do adubo mineral (T-2), contudo, não foi estatisticamente diferente da utilização de esterco de curral (T-4) e da aplicação de composto de casca de cacau + adubação mineral (T-5). A adubação mineral (T-2) também mostrou efeito significativo no crescimento do caule dos cacauzeiros quando confrontado com o crescimento das plantas da parcela sem adubo (Figura 1), evidenciando crescimento do diâmetro do caule semelhantes à aplicação de esterco de curral (T-4) e a adição de esterco de curral + adubo mineral (T-6). Resultados semelhantes foram encontrados por Santinato, Oliveira e Pinheiro (1978), Sulzbacher e Koike, (1986); Bianchini e Bergamo (1992).

Produção da planta

A Figura 2 mostra a produção média do cacauzeiro expressa em quilogramas de sementes secas por hectare proveniente da aplicação do composto de casca de cacau e do esterco de curral na presença e ausência de adubo mineral. A produção de cacau mais expressiva (1.518 kg.ha⁻¹), no período de 1991-1995, foi evidenciada pela aplicação de composto de casca de cacau + adubo mineral (T-5), a qual não diferiu estatisticamente das produções de cacau oriundas da adição de adubo mineral (T-2), adição de esterco de curral (T-4) e da combinação de esterco de curral + adubação mineral (T-6). Esses

resultados comprovam as conclusões apresentadas por Vitosh, Davis, e Knezer, (1973), Mathers e Stewart (1974), Baldock e Musgrave (1980) e Holanda, Mielniczuck e Stammel (1982), que observaram podem ser obtidos altos rendimentos das culturas tanto com adubação mineral quanto com orgânica ou com combinações das mesmas.

A aplicação de esterco de curral (T- 4), promoveu diferenças significativas na produção do cacau (873 e de 171 kg.ha⁻¹.ano⁻¹) respectivamente, quando comparada com a produção proveniente dos tratamentos 1 (sem adubo) e 3 (composto de casca de cacau 8,8 t.ha⁻¹), sem entretanto diferir estatisticamente (Figura 2) da produção de cacau provocadas pela aplicação de esterco de curral + adubo mineral (T-6), de adubo mineral (T-2) e do composto de casca de cacau + adubo mineral (T-5).

Observa-se que a adubação orgânica a base de composto de casca de cacau: T-3, apresentou incrementos significativos na produção de cacau (702 kg. ha⁻¹. ano⁻¹) quando comparado com a produção proveniente do tratamento sem adubo, evidenciando uma produção estatisticamente menor quando relacionada as produções dos tratamentos 2, 4, 5 e 6 (Figura 2).

Nota-se ainda (Figura 2), que a adubação mineral (T-2) proporcionou aumento significativo na produção de cacau quando comparada com as produções provenientes dos tratamentos T-1 e T-3, sem entretanto diferir estatisticamente da produção de cacau promovida pela adição de composto de casca de cacau + adubo mineral (T-5), esterco de curral (T-4) e aplicação de esterco de curral + adubo mineral (T-6).

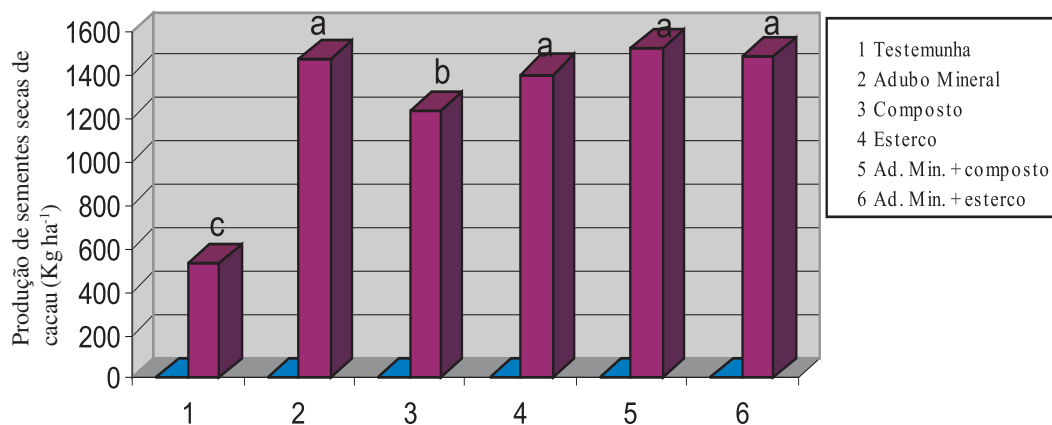


Figura 2. Produção de cacau em função da aplicação de composto de casca de cacau, esterco de curral, adubo mineral e associações organominerais do período de 1991-1995.

Conclusões

Os resultados apresentados permitem concluir que na fase de crescimento (1987-1990), a aplicação de 4,4 t.ha⁻¹ de composto de casca de cacau + 127,5 kg.ha⁻¹ de adubo mineral (T-5), promoveu incrementos significativos no crescimento do diâmetro do caule do cacauero. A adubação orgânica a base de 4,4 t. ha⁻¹ de composto de casca de cacau + 127,5 kg.ha⁻¹ de adubo mineral (T-5) evidenciou aumentos na concentrações de P, Mg e Zn na folha do cacauero na ordem de 10, 12 e de 58% respectivamente, em relação ao tratamento testemunha.

Na fase de produção (1991-1995), a adição de 4,4 t. ha⁻¹ de composto de casca de cacau + 127,5 kg.ha⁻¹ de adubo mineral (T-5), proporcionou a produção (1518 kg. ha⁻¹) mais expressiva de cacau.

A adubação a base de composto de 8,8 t.ha⁻¹ de composto de casca de cacau (T-3), promoveu aumentos na produção de cacau de 702 kg. ha⁻¹ quando comparado à testemunha.

A adição de composto de casca do fruto de cacau a base de 8,8 t.ha⁻¹ provocou aumentos significativos nos teores de Ca, Mg, C e Mn, no solo da ordem de 46, 73, 7 e 84% respectivamente.

A aplicação de 8,8 t.ha⁻¹ de esterco de curral evidenciou incrementos de Ca, Mg, Zn e Mn na folha do cacauero.

Agradecimentos

Ao técnico agrícola Raimundo Alves Rigaud e ao prático agrícola Henrique Lendro Hage pela condução dos trabalhos de campo do experimento. Ao Dr. Raúl Réne Valle pela suas sugestões.

Literatura Citada

- BALDOCK, J.O.; MUSGRAVE, R.B. 1980. Manure and mineral fertilizer effects in continuous and rotational crops sequences in Central New York. *Agronomy Journal* 72: 511-518.
- BIANCHINI, H.C.; BERGAMO, G.C. 1992. Influência da calagem da adubação orgânica e mineral na cultura da cenoura (*Daucus carota* L.). *Revista da Universidade de Alfenas (Brasil)* n. 3.
- CHEPOTE, R.E.; SANTANA, C. J. L.de.; DE LEON, F. 1990. Como utilizar composto de casca de cacau na adubação do cacauero. *Difusão Agropecuária (Brasil)* 2 (1): 11-17.
- EL BARUN, B.; OLSEN, S. R. 1948. Effect of microorganism on the phosphorus intake by the plant. *Plant and Soil* 1: 51-81.
- ERNANI, P. R.; GIANELLO, C. 1982. Efeito imediato e residual de materiais orgânicos, adubo mineral e calcário no rendimento vegetal. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 6: 119-124.
- HENSLER, R. F.; OLSEN, R. J.; ATTOE, O. J. 1970. Effect of soil pH and application rate of dairy cattle manure on yield and recovery of twelve plant nutrient by corn. *Agronomy Journal* 62:829-839.
- HOLANDA, J. S. de; MIELNICZUCK, J.; STAMMEL, J. C. 1982. Utilização de esterco e de adubo mineral em quatro seqüência de cultivo de solo de encosta basáltica do Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 6:47-51.
- HOLANDA, J. S. de; TORRES FILHO, J.; BEZERRA NETO, 1984. Alterações na fertilidade de dois solos com esterco de curral e cultivados com caupi. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 8: 301-304.
- HOYT, P. B.; TURNER, R. C. 1975. Effect of organic materials added to very acid soils on pH aluminium exchangeable NH₄ and crop yields. *Soil Science* 119:227-237.
- LIEBHARDT, W.C. 1976. Soil characteristics and corn yield as affect by previous applications of poultry manure. *Journal of Environment Quality* 5:459-462.
- LOPEZ-GERNANDEZ, D. et al. 1979. The effect of some organic anions on phosphates removal from acid and calcareous soils. *Soil Science* 128:321-326.
- KIEHL, E. 1985. Fertilizantes orgânicos. São Paulo, *Agronômica Ceres*. 429p.
- MALAVOLTA, E. 1987. Manual de calagem e adubação das principais culturas. São Paulo: *Agronômica Ceres*. 496p.
- MATHERS, A.C.; STEWART, B.A. 1974. Corn silage yield as affect chemical propeties as affected by cattle feedlot manure. *Journal of Environment Quality* 3:143-147.
- MAZUR, M.B.M.; VELLOSO, A.C.X.; SANTOS, G. de A. 1983. Efeito do composto do resíduo urbano no pH e alumínio trocável em solo ácido. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 7:157-159.
- NELLER, J. R. 1953. Effect of lime on availability of labeled phosphorus phosphates in rutlege fine sand

- and nariboro sandy carnegi fine loams. Soil Science 75:103-108.
- RUIZ, D.A.; LIMA, C. de. et al. 1995. Influência de material de turfeira e composto de dejetos de suínos sobre o solo e disponibilidade de nutrientes para a cultura do sorgo (*Sorghum sativum*). Resumos 2294-2295.
- SAMPAIO, E.V.S.B.; SALCEDO, I.H.; ALVES, G.D.; COLAÇO, W. 1985. Comparação entre estrume curtido e estrume biodigerido como fonte de nutrientes para o milho. Revista Brasileira de Ciencia do Solo 9:27-31.
- SANTANA, M.B.M.; CABALA-ROSAND, P. 1982. Dynamics of nitrogen in a shaded cacao plantation. Plant and Soil 67:271-281.
- SANTINATO, R.; OLIVEIRA, J.A. de.; PINHEIRO, M.R. 1978. Estudos preliminares para aproveitamento de novas fontes de matéria orgânica na produção de mudas e formação do cafeeiro. In Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, 6., Ribeirão Preto, 1978. Resumos. Rio de Janeiro, IBC. pp.373-376.
- SAS INSTITUTE. 1982. Sas user's guide: statistics. Cary. 548p.
- SILVA, L.F.da; CARVALHO FILHO, R.; MELO, A.A.O. de; DIAS, A.C. 1975. Solos da região cacauera; aptidão agrícola dos solos da região Cacaueira. Ilhéus, CEPLAC/IICA. 179p. (Diagnóstico Sócio-Econômico da Região Cacaueira, v.2).
- SING, H.B.B.; JONES, J. P. 1976. Phosphorus sorption and desorption characteristics of soil as iron and organic residues. Soil Science 40:389-394.
- SULZBACHER, G.R.S.; KOIKE, E.G. 1986. Efeito da fertilização com composto orgânico associado com adubação mineral em povoamento de *Eucalypto saligna* Smith. s.l. Agroindustrial Eldorado. 9p.
- TENÓRIO, Z. et al. 1979. Efeito da aplicação da adubação mineral na produção do coqueiro gigante (*Cocos nucifera* L.) no litoral da Paraíba. Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (Brasil) v36: 539-547.
- THOMAS, G.W. 1975. The relationship between organic matter and exchangeable aluminium in acid soil. Proceeding Soil Science Society of America 39:591.
- VITOSH, M. L.; DAVIS, J.F.; KNEZER, B.D. 1973. Longterm effects of manure, fertilizer, and plow depth on chemical properties of soil and nutrients movement in monoculture corn system. Journal of Environment Quality 2(2):296-299.



COMPARATIVE GROWTH OF MICROPROPAGATED PLANTLETS AND SEEDLINGS OF CITRUS VARIETIES

I. P. Singh¹, V. A. Parthasarathy*², P. J. Handique³

¹NRC for Citrus, P.B. 464, Shankarnagar P.O. Amravati Road, Nagpur- 440010, Maharashtra, India;

²Indian Institute of Spices Research, P.B. N° 1701, P.O. Marikunnu, Calicut 673 102, Kerala, India.

³Deptt. of Biotechnology, Gauhati University, Guwahati-781014, India

Twelve important citrus cultivars mostly indigenous to North East region of India were studied along with *C.volkameriana* as control. Growth of tissue culture derived plantlets was compared with seedlings at the age of 60 days and at one year. In general at initial stage of growth seedling were more vigorous than micropropagated plantlets but later micropropagated plantlets became robust. The results indicated that shoot and root growth were higher in seedlings than micropropagated at initial stage. However, number of leaves was found higher in micropropagated plantlets. The differences of growth could be attributed to the fact that micropropagated plantlets lacked more food than seedlings (food stored in cotyledon) and underwent shock during acclimatization. However at the age of one year micropropagated plantlets performed better than seedling. Micropropagated plants had significantly higher plant height, root length, number of leaves, number of secondary roots and plant weight than seedling. Interaction between cultivar and method of propagation were also found to be significant indicating that micropropagation is one of the best alternative for propagation of citrus. Furthermore, the improved phytosanitary status of in vitro plants makes them the planting material of choice with reduced risk of pest and disease introduction in new planting area. Principal component analysis indicated that Sohmyndong, Jaintia lemon, Pummelo and Assam lemon showed very high positive loading in PC1 indicative of their responsiveness towards the propagation by tissue culture and seedling, while Khasi mandarin, Satkara and Indian wild orange registered lowest positive loading indicating weak response under any propagation method.

Key word: *Citrus volkameriana*, lemon, mandarin, Indian wild orange

Comparação entre o crescimento de plântulas e plântulas micropropagadas de variedades cítricas. Foram estudados vinte importantes cultivares de citros, a maioria silvestres, da Região Nordeste da Índia, tendo como controle o cultivar *Citrus volkameriana*. Plântulas derivadas de cultura de tecidos foram comparadas com plântulas de 60 dias e com um ano de idade. Em geral, no estágio inicial, as plântulas cresceram mais vigorosas do que as plantas micro-propagadas, porém mais tarde, estas se apresentaram mais robustas. Os resultados indicaram que o crescimento tanto da raiz como do talo foram maiores do que nas plântulas micro-propagadas, no estágio inicial de crescimento. Todavia, o número de folhas encontrado foi maior nas plântulas micro-propagadas. As diferenças no crescimento podem ser atribuídas ao fato das plântulas micro-propagadas terem menos reservas do que as plântulas (reservas armazenadas nos cotilédones) e ao choque durante aclimatização. Porém ao ano de idade o desempenho das plântulas micropropagadas era melhor do que as plântulas. As plântulas micropropagadas apresentavam: altura de planta, longitude de raiz, número de folhas, número de raízes secundárias, e peso de planta, significativamente maiores do que as plântulas. Também, encontrou-se que a interação entre cultivar e método de propagação foi significativa, indicando que a micropropagação é uma das melhores alternativas para a propagação de citros. Além do mais, ao melhorar o estado fitossanitário das plântulas desenvolvidas *in vitro*, este será o material escolhido, com menor risco de introduzir insetos ou doenças em novas áreas de plantio. A análise de componentes principais indicou que: limão Sohmyndong, Jaintia, Pummelo e Assam demonstraram alta e positiva carga de PC1, indicativo de sua responsividade a través da propagação por cultura de tecidos e de plântulas, em quanto que mandarina Khasi, laranja silvestre Satkara e Indian, registraram positiva porém, baixa carga, indicando pouca responsividade em qualquer método de propagação.

Palavras-chave: *Citrus volkameriana*, limão, mandarina, laranja indiana.

Introduction

Citrus is an important genera of horticultural plants of great value. A large number of citrus species/types have been subjected to micropropagation studies. The protocols and procedures were standardized for mass multiplication of many citrus species/types in this laboratory. But field performance of micropropagated plantlets was not studied. Similar work has been reported in apple (Zimmerman and Miller, 1991), Zimmerman and Steffens, 1995), Strawberry (Swarts et al., 1981), Chinese gooseberry (Shen et al., 1996) and black cherry (Oddiraju et al., 1996). Furthermore, attempts have not been made to study the variation in morphological characters of micropropagated plantlets over seedlings in citrus. Hence, the present studies were undertaken to compare the growth of micropropagated vs. conventionally grown seedlings using Principal Component Analysis (PCA). The PCA delineates the patterns of influence in the matrix of all the possible correlation between the traits (Adams and Wiersma, 1978). The use of PCA has been reported for the first time in citrus tissue culture by Parthasarathy and Parthasarathy (1993) and Parthasarathy and Nagaraju (1994).

Materials and Methods

Cultivars for study:

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

In vitro grown microshoots (1-1.25 cm long) from proliferated cultures of 12 cultivars were taken and aseptically cultured in sterile tissue culture bottle (450 ml capacity) containing soilrite. These bottles were filled upto one third with soilrite (mixture of soil and vermiculite) and one fourth strength of MS salt solution was added

before autoclaving. Three to four shoots were placed in each bottle. A total of 20 bottles for each treatment were placed in culture room. After 4 weeks, these shoots were transferred to mist house in polythene bags containing 1:1 soil and farm yard manure (FYM) mixture. Simultaneously, seedlings of same age of all the 12 cultivars were transferred to polythene bags and 20 plants for each treatment with 4 replications were arranged in a factorial design. Observations were recorded after 60 days and at one year of rooting/germination. Determinations of shoot length, root length, and number of leaves, number of tap roots, number of secondary roots, shoot weight, root weight and plant weight were recorded. The data were subjected to principal component analysis.

Results and Discussion

The data presented in table 1 and 2 revealed significant differences between seedling and micropropagated plantlets for all characters at the age of 60 days. Seedlings showed higher shoot and root length as well as higher weight of plant, shoot and root weight than micropropagated plantlets. The root system architecture of seedlings was a typical pivoting type whereas microcutting showed a multiplex adventitious pattern. Micropropagated plantlets showed only a few secondary roots in all the cultivars while more and vigorous secondary root growth was observed in seedlings.

Interaction between citrus cultivars and methods of propagation for all the characters was found to be significant except number of tap roots/adventitious roots (Table 1). Highest shoot length (82.5 mm) was observed in Khasi papeda seedlings where as maximum shoot length (31.00 mm) was recorded in Jaintia lemon in tissue cultured plantlets. The data on comparison between micropropagated plantlets and seedling at 1 year are presented in Table 3. It is clear from table that there were

Table 1. Comparison in growth of citrus species propagated by tissue culture and seedling (60 days).

Planting material	Shoot length (mm)	Root length (mm)	No. of leaves	No. of Tap roots or adventitious roots	No. of secondary roots	Shoot wt. (mg)	Root wt. (mg)	Plant wt. (mg)
Seedling	55.92	60.81	5.11	1.00	16.04	234.79	98.60	332.15
Micropropagated	23.92	28.42	5.57	1.58	0.01	70.77	21.97	92.42
Sem	0.68	0.91	0.12	0.06	0.34	3.63	2.53	4.89
CD	1.93	2.56	0.35	0.16	0.97	10.23	7.713	13.77

Table 2. Effects of method of cultivation on 12 Citrus cultivars.

Citrus species/ cultivar	Method of propagation	Shoot (mm)	Root (mm)	No. of leaves	No. of Tap roots or adventitious roots	No. of secondary roots	Shoot (mg)	Root (mg)	Plant (mg)
1. Satkara	S	64.0	40.5	6.755	1.00	14.757	276.25	41.0	317.25
(<i>C. macroptera</i>)	M	16.5	17.75	7.003	1.00	0.013	53.5	14.75	68.25
2. Khasi papeda	S	82.5	76.5	7.263	1.00	18.25	379.5	226.0	605.5
(<i>C. latipes</i>)	M	25.25	43.25	5.27	2.25	0.014	80.0	34.25	114.25
3. Sweet lime (sour mutant)	S	48.25	49.75	4.003	1.0	21.25	162.0	134.75	296.75
(<i>C. limmettioides</i>)	M	20.0	22.5	6.005	1.5	0.012	52.25	15.5	67.75
4. Soh Bitara	S	49.0	53.25	5.018	1.0	12.5	248.75	89.5	338.25
(<i>C. sinensis</i>)	M	16.5	20.0	6.018	1.5	0.01	58.25	14.25	72.5
5. Indian wild orange	S	76.25	79.0	6.0	1.0	16.25	305.5	98.5	404.0
(<i>C. indica</i>)	M	24.0	19.0	4.75	1.5	0.013	57.0	15.5	71.0
6. Ada Jamir	S	25.75	52.25	4.0	1.0	17.25	179.5	53.75	233.25
(<i>C. assamensis</i>)	M	25.75	29.0	5.5	1.75	0.013	93.5	23.5	117.0
7. Khasi mandarin	S	39.75	47.5	4.76	1.0	7.75	89.0	38.25	127.25
(<i>C. reticulata</i>)	M	21.75	16.25	5.005	1.75	0.01	54.0	26.25	80.3
8. Soh myndong	S	47.0	57.25	3.52	1.0	17.25	121.5	58.0	189.5
(<i>C. jambhiri</i>)	M	27.25	34.5	6.028	1.25	0.01	71.0	20.5	91.5
9. Jaintia lemon	S	58.25	73.25	7.025	1.0	21.00	355.75	181.75	537.50
(<i>C. limon</i>)	M	31.0	30.5	4.5	1.75	0.01	93.75	22.25	113.75
10. Pummelo	S	60.25	89.25	4.25	1.0	21.25	342.25	144.5	486.75
(<i>C. grandis</i>)	M	26.25	43.75	6.0	1.25	0.01	93.0	29.5	122.5
11. Volkameriana	S	48.5	47.5	4.0	1.0	8.5	191.25	48.5	214.75
(<i>C. volkameriana</i>)	M	26.25	32.75	5.5	1.5	0.01	61.25	22.5	83.75
12. Assam lemon	S	51.5	63.75	4.75	1.0	16.5	166.25	68.75	235.0
(<i>C. limon</i>)	M	26.5	36.75	5.25	2.0	0.01	81.78	24.75	106.5
Sem (SxM)		2.368	3.148	0.425	0.193	1.193	12.569	8.756	16.925
C. D.		6.675	8.874	1.198	N. S.	3.363	35.432	24.683	47.712

S = Seedling

M = Micropropagated

Table 3. Comparison between micropropagated plantlets vs seedlings of citrus species for morphological characters (after 1 year).

Sl. N°	Planting material	Plant length (cm)	Root length (cm)	N° of leaves	No. of secondary roots	Shoot wt. (g)	Root wt. (g)	Plant wt. (g)
1	Seedling	22.59	23.56	23.28	66.29	2.29	1.27	3.49
2	Micropropagated	27.79	25.25	26.78	79.52	2.58	1.33	3.99
	Sem ±	0.14	0.09	0.13	0.68	0.12	0.013	0.024
	C.D. (P=0.05)	0.41	0.26	0.38	1.98	0.35	0.037	0.07

significant differences between tissue culture and seedling derived plants for all the characters studied. Micropropagated plantlets were superior to seedling at the age of one year.

Interaction among the citrus cultivars and methods of propagation are presented in Table 4. Data indicates the significant interactions for all the characters studied. Plant height showed superiority of micropropagated plants to seedling of all cultivars except Ada Jamir where plant height of micropropagated plantlets was at par with seedling. Highest plant height of micropropagated plants and seedlings were recorded in Jaintia lemon 41.90 cm and 38.10 cm respectively.

Thus micropropagated plantlets of citrus cultivars manifest consistently superior growth performance compared to seedling after 2 month of germination/ rooting. Significant differences were found in growth of *Citrus* cultivars propagated by tissue culture and seedling except Ada Jamir where plant height of micropropagated plantlets

was at par with seedling (at the age of one year). These results are in conformity with the findings of Zimmerman and Steffens (1996) in apple. Palma et al., (1997) suggested that rootstocks coming from microcutting would be more efficient than those coming from seedling as they form more adventitious roots. In present study all the cultivars propagated by tissue culture produced more secondary roots than seedlings. This may be reason that growth of micropropagated plantlets was better than seedling. Furthermore, the improved phytosanitary status of *in vitro* plants makes them the planting material of choice with reduced risk of pest and disease introduction in the new planting area.

Growth of tissue culture derived plantlets was compared with seedlings at the age of 60 days and one year. In general at initial stage of growth seedling were more vigorous than micropropagated plantlets but later micropropagated plantlets become robust. Micropropagated plantlets showed a few secondary roots

Table 4. Interaction between citrus cultivar and method of propagation for plant growth (1 year).

Sl. N ^o	Species/ Cultivar	Method of propagation	Plant length (cm)	Root length (cm)	N ^o of leaves	No. of secondary roots	Shoot wt. (g)	Root wt. (g)	Plant wt. (g)
1	SAT	S	10.88	14.72	15.45	46.5	1.06	0.51	1.57
		M	16.53	18.72	20.27	64.75	1.36	0.64	1.99
2	LAT	S	27.98	29.95	26.4	63.75	2.90	1.78	4.68
		M	28.78	30.72	27.42	75.55	2.94	1.88	4.82
3	SLS	S	20.13	22.97	20.95	52.97	1.43	0.76	2.18
		M	32.05	26.07	33.32	66.30	2.36	1.41	3.77
4	SOB	S	22.83	23.40	25.95	62.00	2.70	1.72	4.25
		M	31.75	27.40	29.95	83.00	3.37	1.03	5.37
5	I	S	14.00	19.55	19.05	45.00	0.54	1.38	0.77
		M	17.58	20.75	21.22	67.00	0.62	2.30	0.95
6	ADA	S	19.38	22.67	21.2	73.25	3.78	2.34	5.66
		M	19.78	22.97	21.82	78.00	3.81	0.54	5.70
7	KM	S	14.68	20.87	22.92	45.00	0.86	0.79	1.29
		M	17.80	21.70	24.02	60.00	0.93	0.96	1.43
8	SM	S	26.58	23.27	29.9	89.50	4.65	1.27	6.77
		M	34.73	24.90	37.32	102.75	4.98	1.99	7.45
9	JL	S	38.10	32.07	28.07	86.37	5.00	2.23	7.23
		M	41.90	31.82	29.37	89.82	5.24	2.33	7.57
10	P	S	25.78	24.27	22.80	86.92	2.71	2.30	5.01
		M	27.85	24.35	23.75	96.75	2.77	2.34	5.11
11	CV	S	24.98	27.32	24.57	56.85	1.17	0.43	1.71
		M	29.85	27.00	26.47	72.87	1.39	0.50	2.18
12	AL	S	25.85	21.62	22.07	87.5	2.77	2.11	3.73
		M	34.95	26.62	26.35	97.0	3.14	2.47	4.41
Sem ±			0.49	0.34	0.45	2.37	0.06	0.05	0.085
C.D. (P=0.05)			1.43	0.99	1.31	6.91	0.17	0.14	0.25

S= Seedling

M= Micropropogated

in all the cultivars while more and vigorous secondary root growth was observed in seedling (at 60 days). Singh et al. (1997) found better growth in seedling/conventional method of propagation than micropropagated plantlets in the initial stage. The reason for slower growth for micropropagated plantlets may be attributed to the fact that they lack stored food material in cotyledon. Besides micropropagated plantlets have to root and start absorbing nutrients from media. High relative humidity, almost no air movement, low light level/intensity and a heterotrophic mode of nutrition characterize the environmental conditions under which tissues cultured plantlets develop. The glass house/nursery or fields are characterized by lower rates of humidity, variable wind speeds, higher light levels etc. As a result, plantlets experience severe stress when moved from tissue culture environment to greenhouse or field conditions. Plantlets typically become water stressed and continued growth or survival may be threatened. Many roots formed *in vitro* may be die after transplanting. However, once the initial shock is overcome, the micropropagated plants become more vigorous.

Principal Component Analysis (PCA) at 60 days:

The PCA delineates the patterns of influence in the matrix of all the possible correlation between the traits (Adams and Wiersma, 1978). The data pertaining to PCA is presented in Table 5. All the variables of 12 citrus cultivars showed very high positive loading in PC 1. Mean shoot length, number of leaves and weight of shoot and plant recorded negative loading in PC2 (Table 5a). PC 1 contributed 60% to the variance while PC2, 3, 4 and 5 contributed 15.99, 11.49, 6.101 and 3% variance respectively. All the variables showed high positive loading in first factor except number of tap root, which showed

high positive loading in PC2 indicating that this is a very important character. Eigen values (latent roots) and vectors presented in the table indicated that all the variables registered high positive loading in PC1 except number of tap root, which again confirmed that this is the only character, which differ between seedling and micropropagated plantlets. PC1 is important because of high Eigen value 5.8 (Table 5c). Hence the rest of the characters in PC1, which account for higher Eigen values are to be considered important. The latest roots (Eigen value) and percentage of total variation explained by the PC are two criteria to ascertain the importance of PC. The principal component scores presented in the Table 4 showed that Khasi papeda, Jaintia lemon and Pummelo showed high positive loading in PC1 indicative of their responsiveness towards the reproducibility while Khasi mandarin registered lowest positive loading indicated its weak response under any propagation system. PC scores for interaction (Table 5b) between cultivar and method of propagation revealed that all species showed very high positive loading in first three PC under seedling while micropropagated plantlets registered very low loading in all the PC. It can be concluded that the growth of seedlings were higher than the micropropagated ones during initial stage.

Principal Component Analysis (at the age 1yr):

The data pertaining to component scores are presented in Table 6 would reveal that all the cultivars recorded high loading in PC1 and moderate loading for PC2, PC3 and PC4. Sohmyndong, Jaintia lemon, Pummelo and Assam lemon showed very high positive loading in PC1 indicative of their responsiveness towards the propagation by tissue culture and seedling, while Khasi mandarin, Satkara and Indian wild orange registered lowest positive

Table 5. Principal components scores for 12 citrus cultivars (60 days).

Sl. No.	Citrus Cultivars	PC 1	PC 2	PC 3	PC 4	PC 5
1.	SAT	196.79	-41.07	6.08	-39.92	-97.12
2.	LAT	357.54	-38.07	8.80	-34.61	-200.74
3.	SLS	188.14	-15.05	1.57	-14.57	-94.85
4.	SOB	206.69	-31.08	4.42	-31.52	-111.96
5.	I	246.66	-35.60	4.12	-46.08	-121.52
6.	ADA	182.98	-26.89	1.22	-34.160	-88.97
7.	KM	115.69	-11.14	1.88	-24.08	-47.10
8.	SM	154.32	-13.63	-2.29	-32.02	-64.151
9.	JL	322.32	-41.37	6.18	-35.13	-183.32
10.	P	308.49	-36.14	0.348	-45.68	-170.38
11.	CV	165.90	-23.265	2.62	-38.23	-76.83
12.	AL	184.82	-18.96	-1.05	-36.79	-84.76

Table 5a. Latent vectors and Latent roots for certain variables of 12 citrus species (60 days).

Sl. No	Variables	Principal component				
		PC 1	PC 2	PC 3	PC 4	PC 5
1.	Mean shoot length	0.395	-0.082	0.153	-0.412	0.668
2.	Root length	0.366	0.317	-0.269	-0.480	-0.041
3.	No. of leaves	0.220	-0.666	0.387	0.251	0.126
4.	No. of tap roots	0.156	0.602	0.625	0.279	0.180
5.	No. of secondary roots	0.307	0.041	-0.602	0.576	0.404
6.	Short weight	0.419	-0.214	0.023	-0.183	-0.327
7.	Root weight	0.412	0.184	0.049	0.306	-0.355
8.	Plant weight	0.445	-0.069	0.019	0.031	-0.327
	Latent Roots	4.877	1.279	0.919	0.488	0.240
	% Variance	60.965	15.991	11.492	6.101	3.002
	Cumulative Variance	60.965	76.956	88.448	94.549	97.552

Table 5b. Principal component scores for certain citrus species propagated by tissue culture and seedling (60 days).

Sl. No	Citrus Cultivars	Method of propagation	Principal component				
			PC 1	PC 2	PC 3	PC 4	PC 5
1.	SAT	S	299.92	86.79	104.69	44.26	112.58
		M	67.68	23.37	25.14	9.07	14.21
2.	LAT	S	549.81	161.53	219.92	-76.62	145.96
		M	116.92	31.42	48.21	8.61	9.19
3.	SLS	S	281.35	74.52	113.07	-54.98	57.94
		M	70.27	21.71	26.89	11.55	11.22
4.	SOB	S	313.81	89.66	120.22	-3.09	87.76
		M	71.77	23.47	27.44	10.77	14.56
5.	I	S	388.40	104.59	146.00	18.00	101.61
		M	73.68	22.11	27.62	13.21	17.51
6.	ADA	S	230.44	58.11	84.86	14.94	56.57
		M	112.36	35.01	42.86	13.54	30.33
7.	KM	S	137.94	31.74	52.04	13.61	16.40
		M	78.30	25.07	31.06	1.73	18.61
8.	SM	S	193.67	42.99	73.01	5.07	29.72
		M	96.72	26.76	36.95	17.19	12.16
9.	JL	S	486.39	142.46	192.93	-56.82	127.78
		M	115.19	32.58	43.81	19.52	26.62
10.	P	S	453.30	123.68	177.55	-21.72	107.51
		M	124.53	34.29	49.01	14.84	14.18
11.	CV	S	221.57	59.22	81.65	25.17	60.71
		M	89.32	24.31	34.93	13.22	9.30
12.	AL	S	237.94	57.70	89.96	7.47	44.05
		M	108.98	30.11	43.11	15.35	15.13

S = Seedling

M = Micropropagated

Table 5c. Latent vectors and latent roots for certain variables as influenced by interaction between citrus cultivar and method of propagation (60 days).

Sl. No	Variables	Principal component				
		PC 1	PC 2	PC 3	PC 4	PC 5
1.	Mean shoot length	0.395	-0.013	0.027	0.515	0.350
2.	Root length	0.381	-0.132	0.218	0.310	-0.828
3.	No. of leaves	0.036	0.916	-0.223	0.066	0.314
4.	No. of tap roots	-0.291	0.152	0.887	0.098	0.141
5.	No. of secondary roots	0.385	-0.252	0.097	-0.187	0.212
6.	Shoot weight	0.398	0.142	0.116	0.239	0.285
7.	Root weight	0.379	0.129	0.251	-0.721	-0.082
8.	Plant weight	0.404	0.145	0.170	-0.111	0.145
	Latent Roots	5.814	1.137	0.599	0.191	0.131
	% variance	72.677	14.218	7.286	2.384	1.639
	Cumulative variance	72.677	86.896	94.382	96.766	98.405

loading indicated weak response under any propagation method. No. of secondary roots, shoot length and No. of leaves are important in factor 1 which recorded 85.94% of the variability (Table 6a). Factor 2 contributed only 11% to the total variability.

The PC scores presented in Table 6b would reveal high loading for all the cultivars in PC1 propagated by tissue culture and seedling. However in all cultivars micropropagated showed high loading than seedling. Differences in scores between tissue culture and seedling were high except in Ada Jamir and Khasi mandarin. Latent vectors showed (Table 6c) that 86.81 percent of the total variance accounted for PC1. Where No. of secondary roots, shoot weight and shoot growth recorded highest loading. In PC2 negative loading were

observed by number of secondary roots, shoot weight root weight and plant weight. PC3 and PC4 were less important as they recorded 1.99% and 0.68% variance respectively.

The PCA delineates the patterns of influence in the matrix of all the possible correlation between the traits. The use of PCA has been reported for the first time in citrus tissue culture by Parthasarathy and Parthasarathy (1993). Among the cultivars highest loading were recorded for PC1 by all the cultivars. The eigen vectors indicated that number of secondary roots and shoot length accounted for higher score. All the cultivar showed very high positive loading in first PC under micropropagated plantlets. While seedlings registered low loading in all cultivars (Table 6b).

Table 6. Principal component scores for certain citrus species as influenced by mean growth (1 year).

Sl. No.	Cultivar	Principal component			
		PC1	PC2	PC3	PC4
1	SAT	60.43	1.75	5.69	6.65
2	LAT	82.00	15.96	6.12	11.23
3	SLS	71.19	15.69	8.40	6.78
4	SOB	83.72	11.98	8.75	8.29
5	I	62.46	5.44	5.77	7.50
6	ADA	82.52	1.87	6.17	11.03
7	KM	59.96	9.09	8.48	7.99
8	SM	107.26	6.07	13.22	7.46
9	JL	103.35	17.82	3.44	7.07
10	P	100.13	1.58	3.51	8.52
11	CV	76.35	15.27	5.33	7.54
12	AL	101.85	4.05	4.23	6.35

Table 6a. Latent vectors and latent roots for certain variables as influenced by mean growth (1 year).

Variables	Principal component			
	PC1	PC2	PC3	PC4
Mean shoot length	0.362	0.664	-0.264	-0.448
Root length	0.136	0.505	-0.302	0.701
No. of leaves	0.155	0.373	0.870	-0.071
No. of secondary roots	0.902	-0.402	-0.033	0.020
Shoot wt.	0.061	-0.014	0.158	0.255
Root wt.	0.012	-0.046	0.023	0.107
Plant wt.	0.091	-0.028	0.237	0.475
Latent roots	299.79	38.48	7.16	2.51
% variance	85.94	11.03	2.05	0.72
Cumulative variance	85.94	96.97	99.02	99.74

Table 6b. Principal component scores for interaction between citrus cultivar and method of propagation (after 1 year).

Sl. No.	Cultivars	Planting material	Principal component			
			PC1	PC2	PC3	PC4
1	SAT	S	50.66	1.38	3.98	7.22
		M	70.56	1.49	4.76	8.06
2	LAT	S	76.58	17.23	3.41	12.29
		M	87.88	13.67	3.52	12.78
3	SLS	S	61.95	10.98	3.09	9.17
		M	80.98	19.89	9.46	7.33
4	SOB	S	72.23	11.24	6.87	10.01
		M	95.71	12.07	6.12	9.68
5	I	S	51.61	7.81	4.25	8.59
		M	73.76	2.37	4.24	8.42
6	ADA	S	80.39	2.00	4.09	12.22
		M	84.95	0.78	4.22	12.24
7	KM	S	52.75	10.48	6.98	9.55
		M	67.72	7.23	6.46	9.08
8	SM	S	99.34	3.97	9.28	10.48
		M	115.79	7.70	12.74	8.69
9	JL	S	101.21	16.39	0.65	9.11
		M	105.95	17.88	0.92	7.65
10	P	S	95.40	2.07	2.56	9.98
		M	105.20	-0.16	2.59	9.35
11	CV	S	68.34	16.17	3.02	9.68
		M	84.88	13.44	3.21	7.85
12	AL	S	75.37	0.35	2.72	7.56
		M	108.70	6.56	2.01	7.47

S = Seedling

M = Micropropagated

Table 6c. Latent vectors and latent roots for certain variables as influenced by interaction between citrus cultivar and method of propagation (after 1 year).

Variables	Principal component			
	PC1	PC2	PC3	PC4
Mean shoot length	0.36	0.66	-0.26	-0.46
Root length	0.13	0.47	-0.39	0.67
No. of leaves	0.17	0.41	0.86	0.02
No. of secondary roots	0.90	-0.41	-0.02	0.02
Shoot wt.	0.53	-0.01	0.12	0.28
Root wt.	0.01	-0.04	0.04	0.08
Plant wt.	0.08	-0.02	0.18	0.49
Latent roots	352.13	41.12	8.12	2.76
% variance	86.81	10.14	1.99	0.68
Cumulative variance	86.81	96.94	98.94	99.62

Literature Cited

- ADAMS, M. W.; WIERSMA, J.V. 1978. An adaption of Principal component analysis to an assessment of genetic distance. Michigan, State University, Agricultural Experiment East Lansing. Research report 347.
- ODDIRAJU, V.G.; BEYL, C.A.; BARKER, P.A. 1996. Root growth of seedlings and microcuttings of western black cherry grown in compacted soil. *Horticultural Science* 31 (3): 453-457.
- PALMA, B., BRAVO, H.; CASTRO, M. 1997. Comparative study of root systems in *Citrus marophylla* seedling and microcutting propagated in vitro. *Acta Horticulturae* 449: 591-596.
- PARTHASARATHY, V.A.; PARTHASARATHY, U. 1993. Component analysis of embryoid characters in *Citrus reticulata* Blanco. *Annual Plant Physiology* 7(2): 165-168.
- PARTHASARATHY, V.A.; NAGARAJU, V. 1994. Effect of NAA and Malt Extract on in vitro growth of excised embryos of *Citrus*. *International Journal Tropical Agriculture* 12: 107-111.
- SHEN, X.S.; WAN, J.Z.; CHEN, J.Z. 1996. Field performance of two types of test tube plants of chinese gooseberry (*Actinidia deliciosa*) till the onset of fruiting. *Scientia Horticulture* (3/4): 229-234.
- SINGH, I.P.; MISHRA, M.; PARTHASARATHY, V.A. 1997. Comparative performance of micropropagated vs. seedling plantlets of certain citrus species (II). *National Symposium on role of plant Biochemistry and Biotechnology in Improving Crop Productivity*. Barapani, Meghalaya.(abst)
- SWARTS, H.J., GALETA, G.J.; ZIMMERMAN, R.H. 1981. Field performance and phenotypic stability of tissue culture propagated strawberry. *Annual Journal Society Horticultural Science* 108: 285-290.
- ZIMMERMAN, R.H.; STEFFENS, G.L. 1995. Cultivar, planting density and plant growth regulator effects on growth and fruiting of tissue cultured apple trees. *Journal American Society Horticultural Science* 120: 183-193.
- ZIMMERMAN, R.H.; STEFFENS, G.L. 1996. Long term evaluation of micropropagated apple trees: vegetative growth, cropping and photosynthesis. *Scientia Horticulture* 66 (12) : 69-76.

EFEITO DA BAIXA TEMPERATURA SOBRE A QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE VARIEDADES HÍBRIDAS DE CACAU NO ESTADO DE RONDÔNIA, BRASIL

*Fernando Luíz de Oliveira Corrêa¹, Olzeno Trevisan¹, Caio Márcio Vasconcellos Cordeiro de Almeida² e
André Delly Veiga³*

¹Ceplac/Supoc - Serviço de Pesquisa (Serpe). Estação Experimental Ouro Preto (Estex-OP), Km 325 da Br 364. 78.950-000. Ouro Preto do Oeste, Rondônia, Brasil. ²Ceplac/Supoc/Serpe. Av. Gov. Jorge Teixeira, 86. Bairro Nova Porto Velho. 78.906-100. Porto Velho, Rondônia, Brasil. E-mail: ceplac-serpe@enter-net.com.br. ³Mestrando de Agronomia/UFLA. E-mail: delly@ufla.br

Com o objetivo de verificar a emergência e o vigor de sementes de variedades híbridas de cacauzeiros (*Theobroma cacao* L.) foi conduzido o presente experimento na Estação Experimental Ouro Preto, ESTEX-OP, no município de Ouro Preto do Oeste, Rondônia. As sementes foram retiradas de frutos maduros de progênies de variedades híbridas dos genitores SCA 6, BE 10, PA 150, IMC 67 e mistura das variedades híbridas. O delineamento experimental adotado foi blocos casualizados. Os percentuais de emergência, índice de velocidade de emergência, população inicial e altura de plântulas foram analisados em sementes plantadas em quatro períodos: 15/09/1999, 07/10/1999, 20/10/1999 e 12/11/1999 que representam, frutos com cerca de 150, 130, 115 e 90 dias de desenvolvimento quando da ocorrência do período de friagem. Observou-se que a baixa temperatura afetou diferentemente o vigor das sementes de variedades híbridas de cacau, tendo efeito prejudicial sobre a emergência, índice de velocidade de emergência, população inicial e altura de plântulas. A medida que se ampliou o intervalo de tempo entre a colheita dos frutos e a ocorrência do período de friagem verificou-se uma redução da influência das baixas temperaturas sobre o comportamento das progênies híbridas. As progênies híbridas oriundas do genitor SCA 6 revelaram maior tolerância às baixas temperaturas enquanto aquelas dos genitores IMC 67 e PA 150 evidenciaram maior sensibilidade.

Palavras-chave: *Theobroma cacao*, qualidade fisiológica de sementes, temperatura, vigor.

Effect of the low temperature on seed quality of cacao hybrid varieties in the Rondônia State, Brazil. In order to verify the emergence and vigor of seeds of hybrid varieties of cacao (*Theobroma cacao* L.) the present experiment was conducted at Ouro Preto Experimental Station, ESTEX-OP, In Ouro Preto do Oeste, Rondônia State, Brazil. The seeds were removed from mature fruits of hybrids varieties of SCA 6, BE 10, IMC 67 and from mixture of materials. The design was randomized blocks. The emergence percentage, velocity rate emergence, initial population and plans heigth were analyzed in seeds planted at four periods: 09/15/1999, 09/07/1999, 10/20/1999 and 11/12/1999, that correspond, respectively, to about 150, 130, 115 and 90 days of development when a cold spell occurs. It was observed that the low temperature affected the vigor of the seeds of hybrid varieties of cacao differently with a negative effect on all variables observed, As the intervals of time between pod harvest and the occurrence of the period of cold weather increased the negative influence of low temperature was decreased. Hybrid progenies from SCA 6 revealed higher tolerance to the low temperatures while those from parents IMC 67 and PA 150 which evidenced large sensibility.

Key words: *Theobroma cacao*, physiologic of seed, temperature, vigor.

Introdução

O desenvolvimento da moderna cacauicultura na Amazônia brasileira foi baseado na utilização de sementes de variedades híbridas, produzidas em larga escala, inicialmente na Bahia, sobretudo na década de 70, nos campos de produção do Centro de Pesquisas do Cacau (CEPEC) e, posteriormente, na Amazônia, nas bases físicas estabelecidas pela Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira - CEPLAC em Medicilândia - PA, em Ouro Preto do Oeste - RO, em Manaus - AM e em Alta Floresta - MT. Essas sementes melhoradas contribuíram para a implementação de uma cacauicultura moderna com potencialidades para alta produtividade e elevada qualidade de seus produtos.

Desde os anos 70 até os dias atuais têm-se utilizado na Amazônia brasileira diferentes meios de transporte para disponibilizar sementes melhoradas de cacau ao produtor localizado nas regiões mais longínquas. Nas primeiras remessas para o Estado de Rondônia, por exemplo, utilizou-se de transporte aéreo para o envio das sementes produzidas na Bahia, as quais eram acondicionadas em pó-de-serra e sacos de anagem. Posteriormente, com o crescimento da demanda, utilizaram-se de caminhões para o transporte de grandes quantidades de frutos de cacau (Álvares-Afonso, 1986). Noutras regiões, como no Médio Amazonas e Baixo Tocantins, foram utilizados barcos e “voadeiras” para levar sementes ao produtor ribeirinho. Em todas essas circunstâncias, verifica-se que as sementes de cacau são submetidas a variações na temperatura ambiente quando não acondicionadas em condições adequadas.

Dentre os diversos fatores ambientais que agem sobre as plantas, a temperatura constitui-se num dos principais pois controla seus processos de crescimento e desenvolvimento, como também sua distribuição sobre a superfície da terra. Processos fisiológicos como germinação e vigor das sementes, crescimento, floração, frutificação, fotossíntese, respiração, absorção de água e nutrientes, dentre outros, dependem, especialmente, da temperatura ambiente (Mota, 1977; Carvalho e Nakagawa, 2000; Lucchesi, 1987).

As sementes de cacau, manguieira e seringueira são classificadas de recalcitrantes pois precisam ser armazenadas em ambientes com alta umidade e temperatura elevada para terem longevidade aumentada (Neves, 1994). Segundo Roberts e King (1980) as espécies recalcitrantes que possuem os menores períodos de viabilidade são originárias de regiões tropicais úmidas, onde o ambiente adequado para germinação é mais ou menos constante ao longo do ano, geralmente não possuindo dormência. Diversas pesquisas têm evidenciado

a sensibilidade das sementes de cacau à baixas temperaturas que podem prejudicar sua qualidade fisiológica, definida como o somatório de todos os atributos genéticos, físicos, fisiológicos e sanitários que afetam a sua capacidade de originar plantas de alta produtividade (Popinigis, 1985). Hunter (1959), por exemplo, evidenciou que a temperatura de armazenamento ideal para as sementes de cacau deve estar entre 18° e 30°C e que temperatura inferior a 10°C provoca letalidade da semente. Boroughs e Hunter (1961) verificaram que sementes expostas à temperatura de 2°C, durante 4 minutos, ou à temperatura de 8°C, durante 16 minutos, tiveram sua viabilidade reduzida a 6%, enquanto Ibanez (1963a e 1963b) observou que quando as sementes são submetidas à temperatura de 4° C, durante 10 minutos e, em seguida, submetidas a imersão em água a 37°C, por 10 minutos, apresentam 85% de viabilidade. A exposição das sementes durante 20 minutos, à temperatura de 4°C, parece ser o ponto de inibição de irreversibilidade. Também Swarbrick (1965) evidenciou que armazenamento de sementes de cacau a 9,5°C provoca a sua letalidade.

No Estado de Rondônia é comum ocorrer decréscimos nas temperaturas nos meses de junho, julho e agosto, em razão de a ocorrência do fenômeno da friagem, ocasionado por fortes massas de ar frio vindas das regiões Antárticas (Scerne et al., 2000). Nessas ocasiões, registram-se temperaturas mínimas inferiores a 18°C, por um período curto, contudo suficiente para afetar o processo germinativo e do vigor, e em alguns casos, provocar a completa inviabilidade das sementes de cacau distribuídas aos produtores rurais que encontram-se preparando novas áreas de implantação do cultivo, causando, portanto, prejuízos econômicos. Também, nesses períodos, parte dos frutos polinizados artificialmente na CEPLAC/Estação Experimental Ouro Preto – ESTEX-OP, para produção de sementes de variedades híbridas que encontravam-se em diferentes fases de crescimento, desconhecendo-se os efeitos da baixa temperatura sobre os processos fisiológicos envolvidos nessas circunstâncias, haja vista que a ocorrência de fatores adversos durante o desenvolvimento da semente pode induzir a sua rápida deterioração (Popinigis, 1985). Em 1999, a ESTEX-OP produziu artificialmente cerca de 140 mil frutos de cacau para fornecimento de sementes de variedades híbridas aos produtores, ao quais estiveram submetidos à baixa temperatura ambiente, durante alguns dias, em razão da ocorrência de friagem.

Este trabalho objetivou avaliar o efeito da baixa temperatura sobre a qualidade fisiológica de sementes de variedades híbridas de cacau produzidas na ESTEX-OP na região de Ouro Preto do Oeste, Rondônia, Brasil.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido no ano de 1999, na CEPLAC/ESTEX-OP, localizada no município de Ouro Preto do Oeste, Rondônia, à cerca de 340 km de Porto Velho, latitude 10°44'30"S e longitude 62°13'30"W.

O clima da região é caracterizado como tropical chuvoso (AW) com temperaturas médias entre 22,9 e 25,7°C, máximas entre 29,3 e 32,0°C e mínimas entre 17,9 e 22,8°C, respectivamente. A amplitude térmica apresenta-se mais elevada nos meses de julho e agosto, quando as temperaturas mínimas sofrem decréscimo, motivado pelo fenômeno da friagem. A umidade relativa do ar apresenta médias anuais entre 71,0% e 87,0%, ocorrendo valores mais elevados no período de dezembro a maio. A precipitação pluviométrica anual apresenta média de 1939,1 mm, tendo o período de novembro a abril com cerca de 80,3% da precipitação anual (Scerne et al., 2000).

No período de 15 a 24 de agosto de 1999, foram registradas temperaturas mínimas entre 10° e 18° C, em decorrência do fenômeno de friagem (Tabela 1).

As sementes de cacau utilizadas no experimento foram obtidas através de amostragem de frutos maduros, polinizados nos meses de março a maio de 1999 e colhidos aproximadamente seis meses da fertilização das flores.

Em cada período de colheita, as sementes foram extraídas manualmente dos frutos, retirando-se a mucilagem por meio de fricção com pó de serra seco e semeadas em sacos de polietileno preto (28,0cm x 32,0cm), contendo terriço proveniente da manta superficial do solo, encontrado nos primeiros 15 a 20 cm da superfície. A semeadura foi feita colocando-se uma semente por recipiente, à profundidade de 1 cm da superfície do terriço (Matos, 2001).

Utilizou-se viveiro com cobertura de sombrite 50%, onde as plântulas receberam os tratamentos culturais rotineiros previstos para esta fase de crescimento (Matos, 2001).

Adotou-se o delineamento experimental blocos casualizados, em parcelas subdivididas no tempo, com

cinco tratamentos, cinco repetições e 100 sementes por parcela. Quatro tratamentos foram compostos das seguintes progêneses híbridas, considerando apenas seus genitores femininos, conforme Tabela 2. Não adotou-se bordadura de plântulas entre parcelas nem entre repetições, contudo foi mantida a distância de 50,0 cm entre todas as parcelas.

As subparcelas consistiram de quatro períodos de colheitas após a ocorrência do fenômeno da friagem: 15.09.1999, 07.10.1999, 20.10.1999 e 12.11.1999. Os frutos colhidos nestas datas estavam com aproximadamente: 150, 130, 115 e 90 dias de desenvolvimento quando da ocorrência do fenômeno de friagem.

Para avaliar o efeito da baixa temperatura sobre a qualidade fisiológica das sementes de cacau adotaram-se as seguintes variáveis:

i) Emergência ou Estande Final (EF) – avalia a capacidade de sobrevivência das plântulas emergidas, definida como quantidade de plântulas com epicótilo, aos 30 dias após a semeadura;

ii) Índice de Velocidade de Emergência (IVE) – mede a velocidade de emergência das plântulas, fornecendo uma estimativa de sua potencialidade em estabelecer uma população inicial na formação da lavoura. Foi obtido durante o período de emergência através de contagem diária, da seguinte maneira (Popinigis, 1985; Nakagawa, 1994):

$$IVE = \frac{N_1}{D_1} + \frac{N_2}{D_2} + \dots + \frac{N_n}{D_n}, \text{ onde}$$

IVE = índice de velocidade de emergência;
 N_1, N_2, \dots, N_n = número de sementes emergidas na primeira, segunda e última contagem, respectivamente;

D_1, D_2, \dots, D_n = número de dias decorridos da semeadura à primeira, segunda e última contagem, respectivamente;

iii) População Inicial (PI) - avalia a capacidade da

Tabela 1 - Temperaturas mínimas (TM) registradas no Posto Meteorológico da ESTEX-OP no período de 15 a 24 de agosto de 1999. Ouro Preto do Oeste, Rondônia.

Dia	TM (°C)	Dia	TM (°C)	Dia	TM (°C)
15	13	16	10	17	11
18	12,6	19	14,6	20	16,6
21	18	22	10	23	18
24	17,8				

semente de emergir e produzir plântulas em condições fisiológicas de crescimento. Realizou-se apenas uma contagem aos 14 dias após o início da emergência;

iv) Altura de Plântulas (AP) - foi determinada da região do coleto ao ápice, aos 30 dias após a semeadura, utilizando-se régua milimétrica.

Os dados obtidos foram submetidos à análise da variância através do programa estatístico SISVAR.

Resultados e Discussão

Os dados originais das variáveis obtidas foram submetidos à teste estatístico para avaliação da normalidade, contudo não se verificou a necessidade de transformação dos mesmos, conforme as hipóteses citadas por Banzatto e Kronka (1992).

Os resultados das análises da variância considerando as variáveis avaliadas (Tabela 3) evidenciaram diferenças estatísticas ($P < 0,01$) entre as progênies híbridas de cacau, indicando a existência de considerável variabilidade no conjunto estudado. As interações significativas ($P < 0,01$) para tratamentos x idade dos frutos, com referência a todas as variáveis, evidenciam que as progênies híbridas de cacau revelaram comportamentos diferenciados quando submetidas as baixas temperaturas registradas no mês de agosto de 1999, ocasião em que as sementes apresentavam diferentes estádios de crescimento no interior dos frutos (idade dos frutos).

Observa-se na Figura 1 que as baixas temperaturas exerceram influência diferenciada sobre a idade dos frutos e os tratamentos adotados, com referência a variável emergência ou estande final (EF). Quanto menor era o estágio de desenvolvimento do fruto durante a ocorrência da friagem verificou-se redução da influência das baixas temperaturas sobre a capacidade de sobrevivência das plântulas emergidas, amenizando seu efeito prejudicial. Desta forma, as baixas temperaturas exerceram maior

ação deletéria sobre a variável EF na subparcela referente a frutos com idade de 150 dias após a fertilização das flores, a qual foi colhida aos 30 dias após a ocorrência da friagem. Com relação aos híbridos, as progênies de IMC 67 e de PA 150 e da mistura de híbridos, revelaram maior sensibilidade à baixas temperaturas, enquanto que as progênies oriundas do genitor SCA 6. Apresentaram uma menor sensibilidade. Observa-se que essa ação deletéria das baixas temperaturas sobre o vigor das sementes de cacau é menos evidente nos frutos com idade de 90 dias na ocasião da friagem.

A Figura 2 revela que o comportamento dos tratamentos avaliados pela variável índice de velocidade de emergência (IVE) apresentou a mesma tendência observada para a variável EF, ou seja, todos os materiais genéticos revelaram decréscimo no vigor das sementes, considerando as diferentes idades dos frutos, em razão das baixas temperaturas registradas. As progênies híbridas de SCA 6 mostraram também maior tolerância à baixas temperaturas evidenciada pela maior uniformidade na velocidade de emergência e pela predominância dos valores mais expressivos. Os demais materiais genéticos revelaram decréscimo no vigor das sementes, especialmente na subparcela referente aos frutos com 150 dias de idade no período da friagem, com maior sensibilidade ao frio para as progênies híbridas de IMC 67 e PA 150.

Quanto a variável população inicial (PI), avaliada aos 14 dias após a emergência, observou-se também redução no vigor das sementes de cacau em razão das baixas temperaturas, independentemente do material genético considerado (Figura 3). Analogamente ao observado para as variáveis EF e IVE, o vigor das sementes decresceu a medida em que a baixa temperatura ocorria em períodos avançados da maturação fisiológica das sementes. As progênies híbridas do genitor SCA 6 apresentaram predominantemente os maiores valores observados e a maior uniformidade na expressão deste caráter,

Tabela 2. Materiais utilizados nos tratamentos submetidos à baixas temperaturas. 1999. Ouro Preto do Oeste, Rondônia.

Parental feminino	Parental masculino
Tratamento 1- SCA 6	ICS 1 e ICS 6
Tratamento 2- PA 150	MA 11, MA 15, BE 10, SIC 328, SIAL 325
Tratamento 3- IMC 67	BE 8 e BE 10
Tratamento 4 - BE 10	MA 11 e MA 15
Tratamento 5 - Mistura de híbridos (SCA 6, PA 150, IMC 67 e BE 10)	-

Tabela 3 – Valores dos quadrados médios obtidos para as variáveis emergência (EF), índice de velocidade de emergência (IVE), população inicial (PI) e altura de plântulas (AP) de progênies de variedades híbridas de cacau, referentes a análises da variância. Estação Experimental Ouro Preto, Ouro Preto do Oeste, Rondônia, 1999.

Fontes de Variação	GL	EF	IVE	PI	AP
Blocos	4	19,085	0,299	19,435	2,821
Tratamentos (T)	4	2498,860**	43,414**	5984,985**	22,273**
Erro 1	16	30,866	0,294	35,847	2,649
Idade dos frutos (I)	3	22867,637**	229,890**	20514,890**	207,296**
Erro 2	12	4,712	0,086	10,082	2,154
T x I	12	1807,853**	16,779**	1955,465**	24,317**
Erro 3	48	15,251	0,371	24,177	2,556
CV 1		7,75	8,4	9,81	13,39
CV 2		3,03	4,55	5,2	12,07
CV 3		5,45	9,44	8,06	13,15

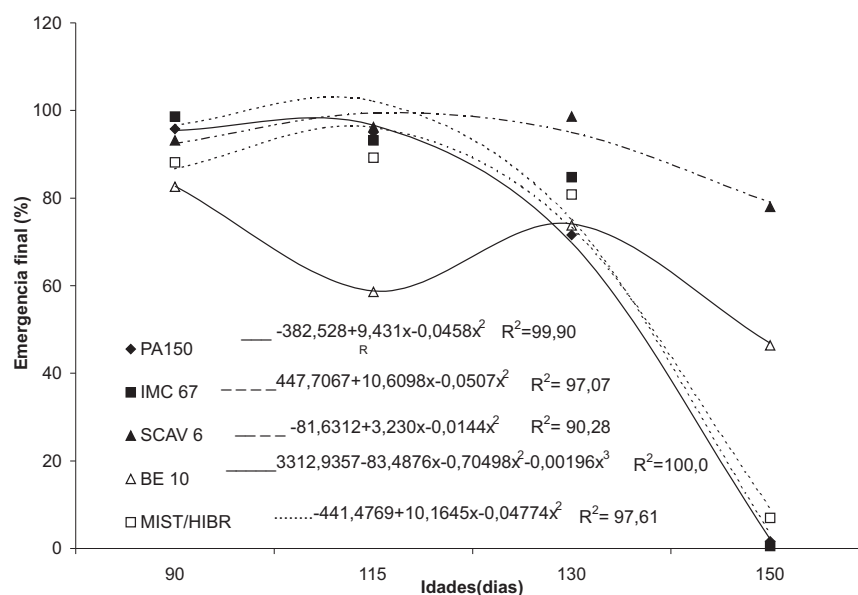


Figura 1 - Emergência final (%) de sementes de cacau provenientes de frutos de diferentes idades quando da ocorrência da friagem. Ouro Preto do Oeste, Rondônia, 1999.

confirmando a maior tolerância desses materiais genéticos às baixas temperaturas.

Na Figura 4 evidencia-se que o caráter altura de plântulas (AP) diminuiu com o aumento da idade dos frutos no período da friagem, indicando que as baixas temperaturas registradas em agosto de 1999 prejudicaram também o crescimento das plântulas, sobretudo na parcela

de 150 dias de idade. A semelhança ao observado com as variáveis anteriores, as progênies híbridas comportaram-se de modo diferenciado, com destaque para aquelas do genitor SCA 6 que apresentaram os maiores valores obtidos aos 130 e 150 dias.

Em síntese, as análises estatísticas revelaram que as variáveis EF, IVE, PI e AP foram afetadas de modo

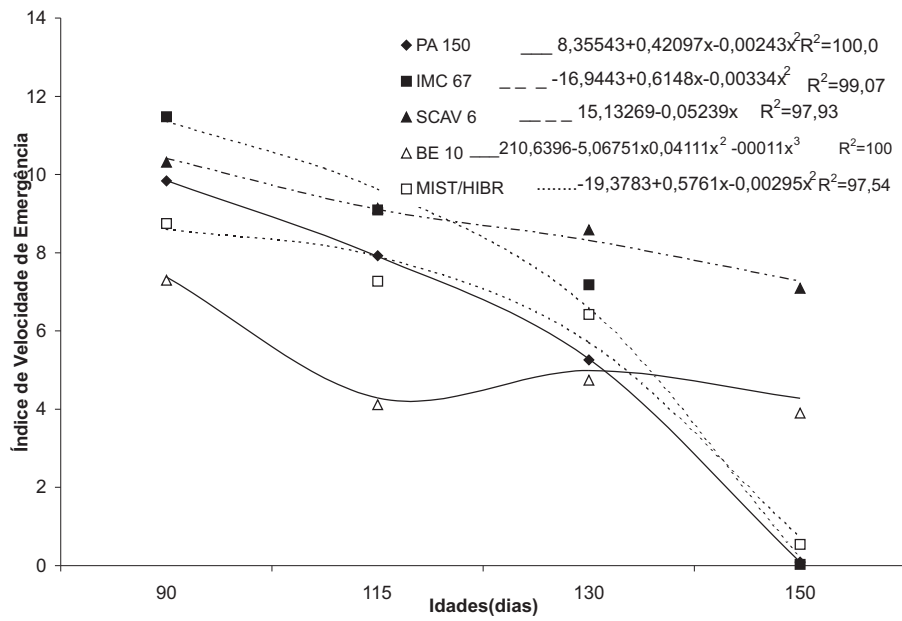


Figura 2 - Índice de velocidade de emergência de sementes de cacau provenientes de frutos de diferentes idades quando da ocorrência da friagem. Ouro Preto do Oeste, Rondônia. 1999.

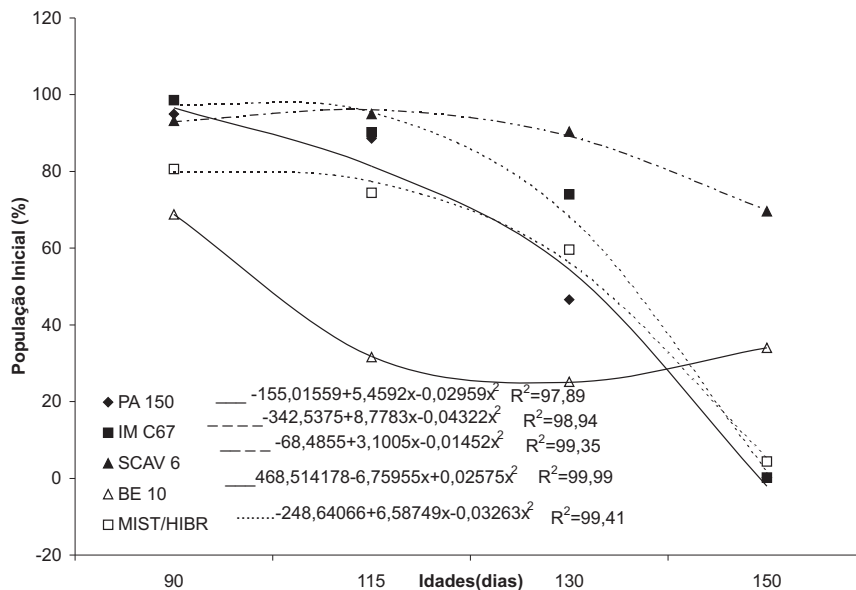


Figura 3 - População inicial (%) de sementes de cacau provenientes de frutos de diferentes idades quando da ocorrência da friagem. Ouro Preto do Oeste, Rondônia. 1999.

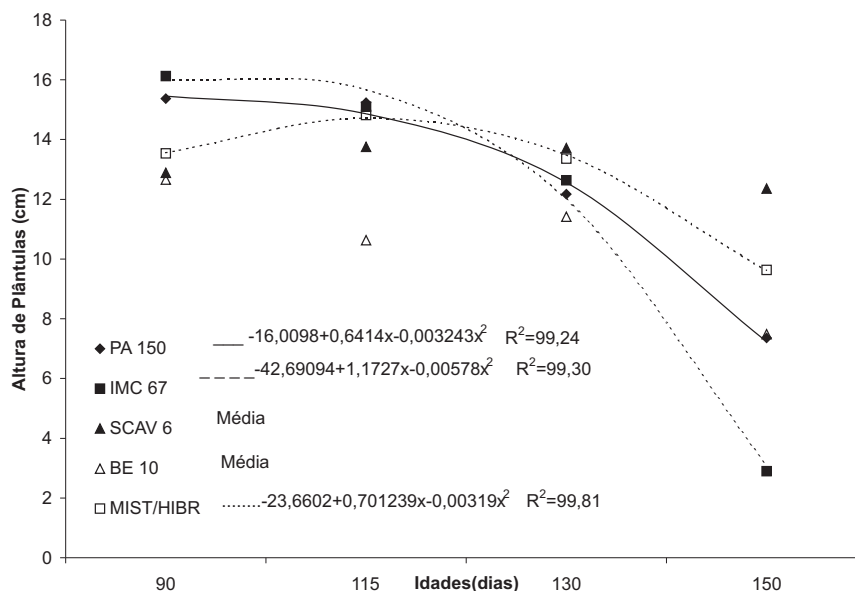


Figura 4 - Altura de plântulas (cm) provenientes de sementes de cacau de frutos de diferentes idades quando da ocorrência da friagem. Ouro Preto do Oeste, Rondônia. 1999.

semelhante, independentemente do material genético, em razão da influência exercida pelas baixas temperaturas registradas em agosto de 1999 sobre o vigor das sementes das progênies híbridas de cacau. Essa influência prejudicial das baixas temperaturas sobre o vigor das sementes refletiu-se nas variáveis analisadas, prejudicando o desenvolvimento das plântulas, de acordo com Carvalho e Nakagawa (2000); Popinigis (1985). A medida que se ampliou o intervalo de tempo entre a colheita de frutos e a ocorrência do período de friagem, verificou-se redução da influência das baixas temperaturas sobre o comportamento das progênies, quando avaliadas pelas variáveis citadas. A maior influência foi exercida sobre a subparcela referente a frutos com 150 dias de idade, cujas sementes, provavelmente, ainda não tinham atingido sua maturidade fisiológica. Esses resultados parecem indicar que, nos estádios de crescimento de frutos, os efeitos prejudiciais das baixas temperaturas sobre as sementes de cacau foram exercidos apenas nos tecidos dos cotilédones, haja vista os embriões terem crescido normalmente. Como as sementes de cacau são ricas em lipídios, talvez a baixa temperatura tenha alterado de alguma forma o estado sólido de algumas dessas substâncias importantes na estrutura do tecido cotiledonar, causando distúrbio no transporte de substâncias de reserva para o crescimento do eixo embrionário, conforme observado por Ibanez (1963b, 1965).

As sementes de cacau postas a germinar imediatamente após o referido período de friagem, cujos frutos haviam atingido a completa maturidade fisiológica, apresentaram 100% de inviabilidade na germinação, confirmando as pesquisas de Hunter (1959), Ibanez (1963a, 1963b) e Swarbrick (1965) de ocorrência de letalidade das sementes à temperaturas inferiores a 10° C.

Conclusões

A baixa temperatura afetou diferentemente o vigor das sementes de variedades híbridas de cacau, tendo efeito prejudicial sobre a emergência, índice de velocidade de emergência, população inicial e altura de plântulas.

A ampliação do intervalo de tempo entre a colheita de frutos e a ocorrência do período de friagem reduziu a influência das baixas temperaturas sobre o comportamento das progênies híbridas de cacau.

As progênies híbridas oriundas do parental SCA 6 revelaram maior tolerância às baixas temperaturas enquanto aquelas dos parentais genitores IMC 67 e de PA 150 evidenciaram maior sensibilidade.

Literatura Citada

- ÁLVARES-AFONSO, F. M. 1986. As terras do cacau em Rondônia. Brasília, s.e. 113p.
- BANZATTO, D.A.; KRONKA, S. do N. 1992. Experimentação agrícola. Jaboticabal, FUNEP. 247p.
- BOROUGHES, H.; HUNTER, J. R.. 1961. Efecto de la temperatura sobre el crecimiento de semillas de cacao. Turrialba (Costa Rica) 11: 160.
- CARVALHO, N. M. 1986. Vigor de sementes. In: Semana da Atualização em Produção de Sementes, 1ª. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Campinas: Fundação Cargill. pp.207-223.
- CARVALHO, J.M.; NAKAGAWA, J. 2000. Sementes: ciência, tecnologia e produção. Campinas. 588p.
- HUNTER, J. R. 1959. Germination in *Theobroma cacao* L. Cacao, Costa Rica, 4 (4): 1- 8.
- IBANEZ, M. L. 1963a. A reversal of cacao seed sensitivity to cold. Turrialba (Costa Rica) 13: 31-32.
- IBANEZ, M. L. 1963b. The point of irreversibility in cacao seed sensitivit to cold. Turrialba (Costa Rica) 13: 127-128.
- IBANEZ, M. L. 1965. Estudios sobre el mecanismo de la sensibilidad al frío en semillas de cacao. Turrialba (Costa Rica) 15 (3): 194-198.
- LUCCHESI, A. A. 1987. Fatores da produção vegetal. In: Castro, P. R. C. de. Ecofisiologia da produção agrícola. Piracicaba, Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato. pp.1-11.
- MATOS, P. G. G. de. 2001. Formação de mudas. In: Silva Neto, P. J. da et al. Sistema de produção de cacau para a Amazônia brasileira. Belém, CEPLAC. pp.22-27.
- MOTA, F. S. da. 1977. Temperatura do ar e plantas cultivadas. In: Meteorologia agrícola. 3ª ed. São Paulo, Nobel. pp. 154-180.
- NAKAGAWA, J. 1994. Testes de vigor baseados na avaliação das plântulas. In: Vieira, R.D.; Carvalho, N.M. de. Testes de vigor em sementes. Jaboticabal,FUNEP. pp. 49-86.
- NEVES, C. S. V. J. 1994.Sementes recalcitrantes - revisão de literatura. Pesquisa Agropecuária Brasileira 29 (9): 1459-1467.
- POPINIGIS, F. 1985. Fisiologia de sementes 2ª ed. Brasília, s. e. 289p.
- ROBERTS, E.H.; KING, M.W. 1980. The characteristics of recalcitrant seed. In: Chin, H.F.; Roberts, E.H. ed. Recalcitrant crop seed. Kuala Lumpur, Tropical Press. pp. 1-15.
- SCERNE, R. M. C. et. al. 2000. Aspectos agroclimáticos do município de Ouro Preto D'Oeste - RO: Atualização quinquenal. Belém. CEPLAC/SUPOR. Boletim Técnico, 17. 48p.
- SWARBRICK, J. T. 1965. Storage of cocoa seeds. Experimental Agriculture 1: 201- 207.



MODELO PARA SIMULAÇÃO DA EVOLUÇÃO DA VASSOURA-DE-BRUXA DO CACAUUEIRO NA BAHIA: VALIDAÇÃO DO MODELO

Ricardo B. Sgrillo^{1,2} e Kátia R. P. A. Sgrillo²

¹Ceplac/Centro de Pesquisas do Cacau (Cepec), 45650-970, Itabuna, Bahia, Brasil; sgrillo@cepec.gov.br

²Universidade Estadual de Santa Cruz (Uesc), 45650-000 Ilhéus, Bahia, Brasil; katiassgrillo@uesc.br

Este trabalho teve como objetivo a validação do modelo para simulação da evolução da vassoura-de-bruxa do cacauueiro, publicado em 1994 (Sgrillo e Araújo, 1994). O processo de validação constou principalmente da comparação da produção real de cacau da Bahia, que ocorreu entre as safras de 1993 e 2000, com os resultados previstos pelo modelo para este período. Concluiu-se que os resultados previstos (simulados) não são estatisticamente diferentes dos resultados reais o que permitiu validar o modelo.

Palavras-chave: *Crinipellis perniciosa*, *Theobroma cacao*, modelo matemático.

Simulation model for the development of witches' broom disease of cacao in Bahia: Model validation. This paper has as objective the validation of a simulation model for the development of the witches' broom disease of cocoa in Bahia, published in 1994 (Sgrillo e Araújo, 1994). The validation process was developed mainly comparing the real cocoa production from 1993 to 2000 with the simulated production. It was concluded that the simulated productions were not statistically different from the real productions and the model was considered validated.

Key words: *Crinipellis perniciosa*, *Theobroma cacao*, mathematical model.

Introdução

Modelos matemáticos para simulação vêm sendo desenvolvidos e aplicados, na área agrícola, desde a década de 1970, tendo como objetivos, entre outros, definir estratégias de controle de pragas, prever safras, auxiliar no manejo das plantações, etc. Em fitopatologia estes modelos vêm sendo utilizados para estudar os diversos aspectos dos organismos fitopatogênicos, como epidemiologia (Berger et al., 1995, Bruhn e Fry, 1981), biologia (Scherm e Bruggen, 1993) e dispersão das doenças (Xu e Ridout, 2000), por exemplo. Entretanto, a maior dificuldade que estes modelos encontram para sua aplicação refere-se a validação dos mesmos, ou seja, a comprovação de que os resultados simulados correspondem aos resultados reais. Este trabalho tem como objetivo validar os resultados apresentados no trabalho *Modelo de simulação da evolução da vassoura-de-bruxa do cacauero na Bahia* que avaliou a produção regional de cacau em função da evolução da vassoura-de-bruxa na Bahia, publicado em 1994 (Sgrillo e Araújo, 1994). Este modelo previu a produção regional de cacau de 1993 a 2000, utilizando parâmetros biológicos e epidemiológicos do fungo causador da doença (*Crinipellis pernicioso*), como número de infecções por planta, períodos das fases de desenvolvimento, proporção de perda por planta infectada, taxa de infecção, entre outros. Os autores consideraram para as previsões diferentes cenários em função da intensidade de controle da doença utilizada pelos produtores.

O objetivo deste trabalho foi validar o modelo de Sgrillo e Araújo (1994), considerando a conveniência de sua adaptação para as condições atuais de produção de cacau na Bahia, o que poderá permitir a previsão da produção regional, considerando a estratégia de renovação da lavoura cacauera com clones tolerantes a doença.

Métodos

A metodologia para validação utilizou o seguinte procedimento:

- a. Escolher, dentre os três cenários utilizados no trabalho original, aquele que mais se aproximou das condições reais que ocorreram de 1993 a 2000;
- b. Comparar os resultados obtidos na simulação (evolução da área afetada pela vassoura-de-bruxa e produção de cacau) com os correspondentes valores reais que ocorreram de 1993 a 2000.

a. Escolha do Cenário

Para realização das simulações o trabalho original (Sgrillo e Araújo, 1994) apresentou três cenários, considerando a percentagem de área com aplicação das técnicas de controle recomendadas pela CEPLAC:

1. Manutenção da situação atual: *Se as atuais condições de preço do cacau continuarem nesta década e se não for desenvolvido método eficiente de controle da vassoura-de-bruxa, mais viável economicamente.* Previsto o controle de 28% da área de cacau de 1993 à 2000;

2. Abandono das plantações: *Após dois ou três anos sem controle da vassoura-de-bruxa, uma plantação de cacau pode atingir um nível de infecção tão elevado que a sua recuperação, considerando o preço atual do cacau e o nível de descapitalização dos produtores, é praticamente inviável. Como estas áreas abandonadas possuem alta densidade de inóculo, as áreas adjacentes, se não forem cuidadas, atingirão rapidamente o mesmo estado. Se essa tendência perdurar é provável que um número crescente de produtores abandonem suas propriedades, como já está acontecendo.* Previsto decréscimo da área controlada de 28% em 1993 à 0% em 2000;

3. Controle da doença: *Este cenário poderá ocorrer caso se realizem uma ou mais das seguintes situações:*

1. *Erro nas previsões da International Cocoa Organization e recuperação expressiva do preço do cacau;*

2. *Descoberta de um método eficiente e economicamente viável de controle da doença;*

3. *Adoção de políticas agrícolas governamentais que permitam a negociação das dívidas dos produtores e acesso ao financiamento barato para controle da doença e recuperação das propriedades.*

Previsto aumento da área controlada de 28% em 1993 à 70% em fins de 1994, mantendo-se este percentual constante até o ano 2000.

Inicialmente os cenários foram analisados e comparados com as condições que ocorreram na realidade no período considerado, escolhendo-se então, o Cenário que mais se aproximasse das condições reais.

Também foram avaliadas as médias da produção de cacau geradas pelas simulações referentes a cada cenário através da comparação com a média da produção real ocorrida entre 1993 e 2000. Para esta comparação a produção simulada, expressa originalmente em percentagem da produção potencial, foi convertida em Toneladas, multiplicando-se as percentagens pela

produção potencial de 288.000 T (calculada multiplicando-se a área regional com cacau de 640.000 ha pela produtividade potencial de 450 kg/ha, conforme descrito no trabalho original). As comparações foram feitas através do cálculo do erro relativo das médias das produções de cada cenário em relação a média da produção real, conforme equação 1:

$$Erro = 100 \times \frac{(VR - VS)}{VR} \quad 1$$

onde *Erro* corresponde ao erro relativo percentual, *VR* é o valor real e *VS* é o valor simulado.

Estas comparações tiveram como objetivo verificar se o cenário mais aproximado às condições reais gerava também as melhores estimativas de produção.

b. Validação do Modelo

Inicialmente avaliou-se a evolução da área infectada gerada pela simulação comparando-a com a evolução real da área infectada. Para esta comparação utilizou-se dados de Lisboa (1998), que determinou a percentagem de área infectada em Itajuípe, Bahia, em setembro de 1994, março de 1995, junho de 1997 e junho de 1998. Este autor categorizou a área infectada em três níveis dependendo da percentagem da área das fazendas que estava infectada com vassoura-de-bruxa. As fazendas que apresentavam infecção em até 10% de sua área foram categorizadas como nível 1. As que apresentavam infecção entre 10% e 30% da área foram categorizadas como nível 2 e as que apresentavam infecção em mais de 30% da área foram consideradas como nível 3. No entanto, os critérios para esta categorização diferem dos utilizados no trabalho original que utilizou as descrições de Laker e Mota (1990), que consideram a categorização das áreas infectadas como função de intensidade de infecção [percentagem de plantas infectadas e número de infecções (sintomas) por planta]. Por este motivo a comparação da evolução da área infectada foi feita somente considerando-se o total das áreas nível 2 e nível 3 de Lisboa (1998) e o total das áreas simuladas de grau 2 e grau 3. Considerando-se que houve somente quatro avaliações da área real infectada não foram utilizados testes estatísticos para a comparação entre os valores reais e simulados. Calculou-se somente o erro relativo, conforme equação 1.

Para validação do modelo comparam-se resultados simulados da produção de cacau da Bahia gerados pelo cenário escolhido com os resultados da produção real de 1993 a 2000. Também para estas comparações as produções simuladas percentuais foram convertidas em toneladas métricas, multiplicando-se as percentagens pela produção potencial de 288.000 T.

Para as comparações dos resultados de produção simulados com os reais foram utilizados os seguintes métodos:

- a. análise visual dos resultados;
- b. análise das estatísticas descritivas dos resultados;
- c. análises estatísticas:
 - teste *t* entre as médias dos resultados;
 - correlação entre os resultados;
 - regressão linear entre os resultados.

Para a regressão linear entre a produção simulada e a produção real utilizou-se a equação 2:

$$Ps = a + b * Pr + \epsilon \quad 2$$

onde *Pr* representa a produção real, *Ps* a simulada, *a* e *b* são os parâmetros da regressão e ϵ representa os desvios ou resíduos.

Para que a produção simulada seja igual a real o parâmetro *a* não deve ser diferente de zero e o parâmetro *b* não deve ser diferente de um. Portanto as hipóteses testadas para o parâmetro *a* são:

$$H_0: a = 0$$

$$H_1: a \neq 0$$

De forma similar as hipóteses avaliadas para o parâmetro *b* são:

$$H_0: b = 1$$

$$H_1: b \neq 1$$

A significância estatística da regressão foi avaliada pela análise da variância do coeficiente de correlação. A significância dos valores dos parâmetros *a* e *b* foi avaliada pelo teste *t*.

Como os desvios da linearidade são muitas vezes difíceis de serem detectados visualmente, pode-se verificar a sua adequação por meio do cálculo dos resíduos entre os valores medidos e os valores calculados a partir da equação de regressão (INMETRO, 2002). Calcula-se o valor de *t* pela equação 3:

$$t_{\text{calculado}} = \frac{\text{resíduo}}{Sr / \sqrt{n}} \quad 3$$

onde resíduo corresponde ao valor ϵ da equação 2, ou seja a diferença entre a produção real e a estimada pela equação de regressão, *Sr* representa o desvio padrão dos resíduos e *n* o número de pontos na regressão.

Se o valor de *t* calculado para qualquer ponto estimado for menor ou igual ao valor de *t* para a confiança desejada e *n*-1 graus de liberdade, considera-se que o ponto pertence à curva e a faixa até ele é linear.

Resultados e Discussão

a. Escolha do Cenário

O preço internacional do cacau apresentou, de 1990 a 2000, a média mais baixa dos últimos 25 anos, conforme representado na Figura 1. De 1975 a 1982 o preço internacional médio do cacau, por Tonelada métrica, foi de US\$ 2.528, de 1982 a 1990, de US\$ 1.855 e de 1990 a 2000 o preço médio foi de US\$ 1.301. Estas condições de preço provavelmente não foram suficientes para estimular o produtor a aplicar as únicas técnicas de controle disponíveis na época, que constavam essencialmente da onerosa retirada manual das partes infectadas das plantas, duas ou três vezes por ano. O conseqüente declínio da produtividade associada aos baixos preços verificados levou a um abandono gradativo das propriedades. Estas condições aproximaram-se às descritas no Cenário 2 do trabalho original.

Também a produção média anual gerada pelo Cenário 2 foi a que mais se aproximou da produção real, apresentando um erro relativo, estimado conforme equação 1, de somente 1,31%, bastante menor do que os erros relativos referentes ao Cenário 1 (28,7%) e ao Cenário 3 (51,3%) como pode ser verificadas na Tabela 1.

Desta forma escolheu-se o Cenário 2 para validação do modelo.

b. Validação do Modelo

Na Tabela 2 e na Figura 2 são apresentados os resultados que correspondem à comparação da evolução das áreas infectadas pela vassoura-de-bruxa gerados pelo modelo de simulação e os resultados dos levantamentos de campo realizados por Lisboa (1998). De modo geral os resultados simulados aproximam-se dos resultados reais, embora os critérios utilizados por Lisboa (1998) para categorização das áreas não tenham sido exatamente

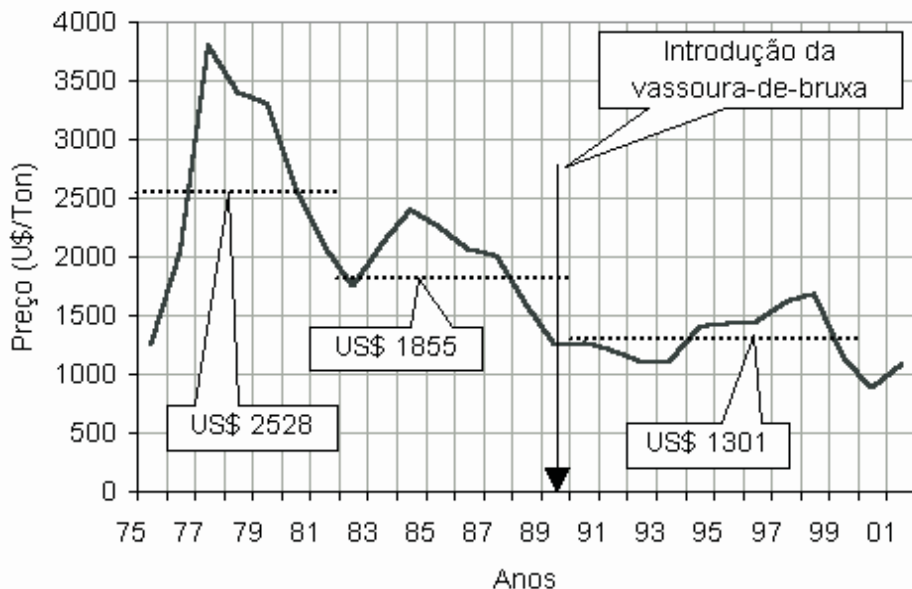


Figura 1. Preço internacional do cacau (ICCO, 2003) indicando as médias dos períodos de 1975 a 1982, 1982 a 1990 e 1990 a 2000 e assinalando o ano de introdução da vassoura-de-bruxa na Bahia, Brasil.

Tabela 1. Média da produção real de cacau no período 1993-2000 e média e erro relativo das produções simuladas considerando os Cenários 1, 2 e 3, Bahia, Brasil.

Estatística	Produção média anual (T)			
	Real	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3
Média	187.508,6	241.344,0	185.040,0	283.634,0
Erro relativo (%)	-	28,71	-1,32	51,26

Tabela 2. Área infectada real no município de Itajuípe, área infectada simulada (Cenário 2) e respectivos erros relativos em setembro de 1994, março de 1995, junho de 1997 e junho de 1998, Bahia, Brasil.

Período	Área Infectada (%)		Erro relativo (%)
	Real ⁽¹⁾ nível 2 + nível 3	Simulada ⁽²⁾ grau 2 + grau 3	
setembro 1994	32.7	29.0	11.31
Março 1995	40.0	41.7	-4.25
Junho 1997	88.5	100.0	-12.99
junho 1998	90.8	100.0	-10.13

⁽¹⁾ Lisboa, 1998

⁽²⁾ Sgrillo e Araújo, 1994

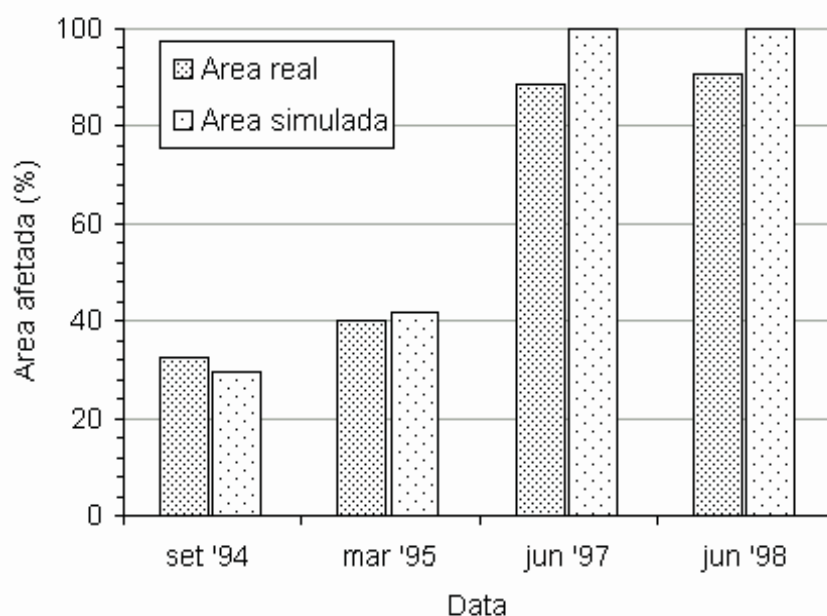


Figura 2. Área infectada simulada (grau 2 + grau 3) (Sgrillo e Araújo, 1994) e área infectada real (nível 2 + nível 3) segundo Lisboa (1998) no Município de Itajuípe, de setembro de 1994 à junho de 1998. Bahia, Brasil.

os mesmos utilizados no modelo de simulação do trabalho original, conforme exposto anteriormente. A evolução da área infectada é mais acentuada nos resultados simulados onde em junho de 1997 e junho de 1998 apresenta valores de 100% de área infectada, enquanto os levantamentos de campo indicavam respectivamente 88.5% e 90.8 % de área infectada nestes períodos de levantamentos. Uma possível superestimativa da taxa de infecção da vassoura-de-bruxa utilizada no modelo original poderia ter provocado a simulação de uma evolução mais rápida da doença, gerando as diferenças observadas entre os resultados reais e simulados.

Mesmo assim considerou-se que o modelo gerou resultados coerentes com os resultados reais, uma vez que o erro relativo médio entre os resultados reais e simulados foi de cerca de 10%.

Na Tabela 3 e na Figura 3 são apresentadas as produções de cacau, reais e simuladas, da safra 1993 a safra 2000 do Estado da Bahia, em valores percentuais e em toneladas métricas.

Observando-se a Figura 3 verifica-se que há uma boa concordância entre os resultados simulados e reais, embora em 1996, 1998 e 1999 as produções simuladas tenham se afastado mais acentuadamente das reais. A produção simulada decaiu mais rapidamente a partir de 1996, enquanto a produção real tem uma redução mais lenta. Mesmo assim, na última safra do período (ano 2000), os resultados são bastante aproximados.

Na Tabela 4 são apresentadas as estatísticas descritivas dos resultados, compostas das médias, erros padrão, medianas, desvios padrão, coeficientes de variação, amplitudes, valores mínimo, valores máximo, somas e níveis de confiança (95.0%) das médias das produções real e simulada.

A diferença entre as médias da produção simulada e real foi de 2.469 T o que corresponde a um erro relativo percentual de somente 1,31 %. A produção real mínima que ocorreu (safra do ano 2000) foi de 96.038 T, 16% superior a produção mínima simulada de 80.640 T. De modo geral a Figura 3 e as estatísticas da Tabela 4

Tabela 3. Produção de cacau real e simulada, em percentagem e toneladas métricas, das safras de 1993 a 2000. Bahia, Brasil.

Safra	⁽¹⁾ Produção real		⁽²⁾ Produção simulada	
	(T)	(%)	(T)	(%)
1993	254.464	88,4	288.000	100
1994	278.280	96,6	288.000	100
1995	238.886	82,9	273.600	95
1996	160.390	55,7	224.640	78
1997	185.247	64,3	152.640	53
1998	152.381	52,9	92.160	32
1999	134.383	46,7	80.640	28
2000	96.038	33,3	80.640	28
Totais	1.500.069	-	1.480.320	-
Média anual	187.508,6		185.040,0	

⁽¹⁾ CEPLAC (2003)

⁽²⁾ Sgrillo e Araújo (1994)

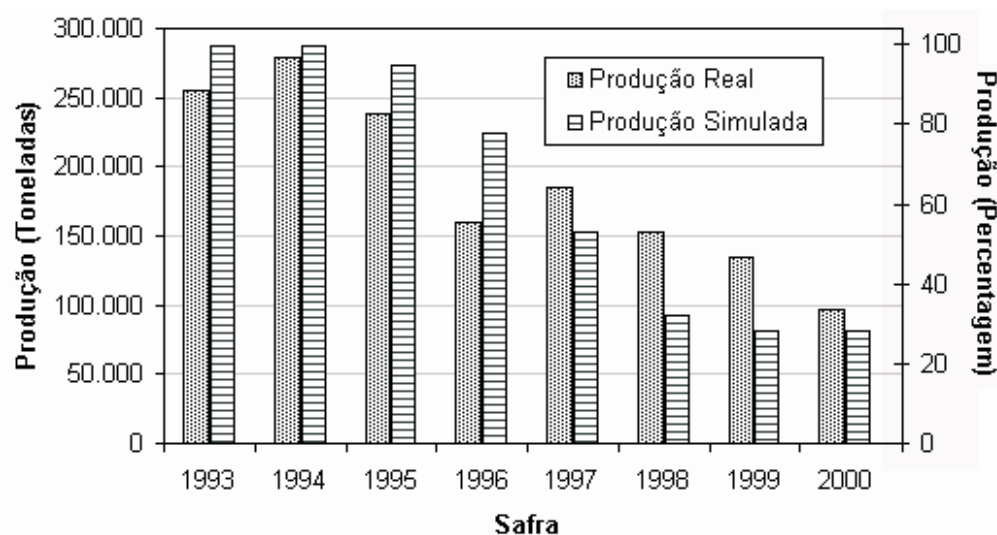


Figura 3. Valores reais (CEPLAC, 2003) e simulados (Sgrillo e Araújo, 1994) da produção de cacau na Bahia, de 1993 a 2000.

Tabela 4. Estatísticas descritivas da produção real de cacau e da produção simulada, correspondentes às safras de 1993 a 2000. Bahia, Brasil.

Estatística	Produção real	Produção simulada
Média	187.508,63	185.040,00
Erro padrão	22.569,65	33.297,29
Mediana	172.818,50	188.640,00
Desvio padrão	63.836,61	94.178,96
Coefficiente de variação	34,04	50,90
Amplitude	182.242,00	207.360,00
Valor Mínimo	96.038,00	80.640,00
Valor Máximo	278.280,00	288.000,00
Soma	1.500.069,00	1.480.320,00
Nível de confiança (95.0%)	53.368,71	78.735,52

mostram que as distribuições da produção real e simulada são bastante semelhantes.

Estatisticamente as médias anuais da produção real e simulada não são significativamente diferentes, quando analisadas pelo teste *t*, conforme apresentado na Tabela 5. Esta Tabela apresenta os resultados referentes às análises estatísticas correspondentes ao teste *t*, para diferenças significativas entre as médias das produções real e simulada e os resultados referentes à análise de correlação entre os valores reais e simulados.

A análise de correlação entre a produção real e simulada foi significativa a 99.9% de probabilidade, apresentado

Quadro 5. Testes estatísticos entre as produções real e simulada de cacau, correspondentes às safras de 1993 a 2000. Bahia, Brasil.

Estatística	Valor
Teste <i>t</i> entre as médias	0,15 ns
Limite crítico de $t_{0,01(7)}$	3,00
Coefficiente de correlação <i>r</i>	0,91
Teste <i>F</i> para <i>r</i>	27,64**
Limite crítico de $F_{0,01(1,6)}$	13,74

ns - não significativo

** significativo a 1%

um coeficiente de correlação de 0.91. Ressalta-se que o valor do teste *F* para o coeficiente de correlação *r*, na Tabela 5, corresponde ao teste *F* para a regressão linear entre os valores simulados e reais.

Estes resultados são satisfatórios, principalmente considerando que o modelo original não incluiu variações na produção por outras causas diferentes da vassoura-de-bruxa, como condições climáticas, incidência de outras pragas e efeitos de variações no preço do cacau, por exemplo.

Os resultados referentes a análise de regressão entre os valores previstos (*Ps*) e os valores reais (*Pr*) são apresentados no Figura 4 e na Tabela 6. O teste *t* para o valor de *a* ($a = 0$) e de *b* ($b = 1$) foram ambos não significativos, ou seja, os valores simulados, estatisticamente, não são considerados diferentes dos valores reais. A Figura 4 apresenta a linha de regressão e as linhas que delimitam o intervalo de confiança das estimativas ao nível de 5%. Observa-se que somente dois pontos não pertencem à regressão. Este fato aparece com mais detalhe na Tabela 7 que apresenta a produção simulada, a produção estimada com a equação de regressão, os respectivos desvios e o teste *t* para cada desvio. Verifica-se que *t* apresentou valores significativos para as safras de 1996 e 1998, o que significa que as

Tabela 6. Parâmetros *a* e *b* da regressão linear entre as produções real produção real e simulada de cacau, das safras de 1993 a 2002, e respectivos erros padrão e valores da estatística *t*.

Parâmetro	Coefficientes	Erro padrão	Hipótese	<i>t</i>
<i>a</i>	-65.714,41	50.054,43	Ho: $a=0$ H1: $a \neq 0$	-1,31 ns
<i>b</i>	1,34	0,25	Ho: $b=1$ H1: $b \neq 1$	1,33 ns

ns - não significativo

Tabela 7. Análise dos desvios, apresentando a produção simulada (Prod. simulada), a produção estimada pela equação de regressão (Prod. estimada), os desvios (Prod. simulada - Prod. estimada), e os correspondes valores da teste *t*, para os anos de 1993 a 2000. Bahia, Brasil.

Ano	Produção simulada	Produção estimada	Desvio	<i>t</i>
1993	288.000,00	274.579,11	13.420,89	0,95
1994	288.000,00	306.428,14	-18.428,14	-1,31
1995	273.600,00	253.746,72	19.853,28	1,41
1996	224.640,00	148.774,39	75.865,61	5,40**
1997	152.640,00	182.015,54	-29.375,54	-2,09
1998	92.160,00	138.063,99	-45.903,99	-3,26*
1999	80.640,00	113.995,35	-33.355,35	-2,37
2000	80.640,00	62.716,76	17.923,24	1,27

* significativo a 5%

** significativo a 1%

produções simuladas para estes anos não pertencem, estatisticamente, à linha de regressão, isto é, não podem ser consideradas como estimativas da produção real. No entanto a produção real dos restantes seis anos foi prevista com acerto pelo modelo de simulação.

Conclusão

Conclui-se que o modelo publicado em 1994 pode ser considerado validado e que as previsões realizadas para produção regional, considerando o Cenário 2 do trabalho original, corresponderam as produções reais da região.

Esta conclusão é coerente com os resultados de Santos et al. (1998) que avaliaram as perdas reais de produção de cacau na Bahia, devido à vassoura-de-bruxa, comentando: *Os resultados de perda de safra de cacau pelo ataque de vassoura-de-bruxa obtidos com o método proposto estão em concordância com os resultados de simulações feitas por Sgrillo e Araújo (1994), para dois tipos de cenário, dentro do âmbito das suposições feitas nos dois casos.*

Desta forma o modelo poderia, com as necessárias adaptações, ser utilizado para previsão da produção de cacau da Bahia, considerando a utilização do novo material genético, tolerante à vassoura-de-bruxa, que vem sendo utilizado na região.

Literatura Citada

- BERGER, R.D. et al. 1995. A simulation model to describe epidemics of rust of Phaseolus beans. I. Development of the model and sensitivity analysis. *Phytopathology* 85: 715-721.
- BRUHN, J.A.; FRY, W.E. 1981. Analysis of potato late blight epidemiology by simulation modeling. *Phytopathology* 71:612-616.
- CEPLAC. 2003. Produção de cacau em amêndoas no Estado da Bahia segundo registro da CCCB. Disponível em: http://www.ceplac.gov.br/prod1_cacau_bahia.htm
- INMETRO, Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial. 2002. Orientações sobre validação de métodos de ensaios químicos. DOQ-CGCRE-008. Revisão: 00 - outubro/2002, Brasília. 31p.
- LAKER, H. A. 1990. Witches' broom disease in the State of Rondonia, Brazil: historical perspectives and present situation. *Cocoa Growers' Bulletin* n° 43. pp.45-59
- LISBOA, G. J. 1998. Impacto da Vassoura de Bruxa sobre a Produção de cacau no Município de Itajuípe-BA. 59p. (Monografia).
- QUARTERLY BULLETIN OF COCOA STATISTICS - 2003/2004. London, ICCO, v 30, n. 1.
- SANTOS, L.P.; FREIRE, E.S.; CARZOLA, I.M. 1998. Estimativas de perdas de produção de cacau causadas por vassoura-de-bruxa (*Crinipellis pernicios*a (Stahel) Singer) na Bahia. *Agrotrópica (Brasil)* 10(3): 127-130
- SCHERM, H.; VAN BRUGGEN, A. H. C. 1993. Response surface models for germination and infection of *Bremia lactucae*, the fungus causing downy mildew of lettuce. *Ecological Modeling* 65:281-296.
- SGRILLO, R.B.; K.R.P. ARAUJO. 1994. Modelo de simulação da evolução da vassoura-de-bruxa do cacauero na Bahia. *Agrotrópica (Brasil)* 6(3): 73-84
- XU X-M.; M.S. RIDOUT. 2000. Stochastic simulation of the spread of race specific and non-specific aerial fungal pathogens in cultivar mixtures. *Plant Pathology* (49): 207-218.

ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE DE HÍBRIDOS DE MILHO NO NORDESTE BRASILEIRO NO ANO AGRÍCOLA DE 2000/2001

*Hélio Wilson Lemos de Carvalho¹, Milton José Cardoso², Maria de Lourdes da Silva Leal¹,
Manoel Xavier dos Santos³ e José Nildo Tabosa⁴*

¹Embrapa Tabuleiros Costeiros, Av. Beira-Mar, 3250, Caixa Postal 44, 49001-970, Aracaju, Sergipe, Brasil. ²Embrapa Meio Norte, Caixa Postal 01, 64006-220, Teresina, Piauí, Brasil; ³Embrapa Milho e Sorgo, Caixa Postal 152, 35701-970, Sete Lagoas, Minas Gerais, Brasil; ⁴IPA, Av. Gen. San Martim 1371, Caixa Postal 1022, 50761-000, Recife, Pernambuco, Brasil.

O presente trabalho teve por objetivo conhecer a adaptabilidade e a estabilidade de quarenta e um híbridos de milho quando submetidos a vinte e quatro ambientes no Nordeste brasileiro, para fins de indicação na região. Os ensaios foram realizados no ano agrícola de 2000/2001, em blocos ao acaso, com três repetições. A análise de variância conjunta mostrou variações genéticas entre os híbridos e comportamentos inconsistentes desses híbridos ante as oscilações ambientais. Os municípios de Simão Dias, no agreste sergipano, São Raimundo das Mangabeiras, no Sul do Maranhão, Teresina, Parnaíba e Baixa Grande do Ribeiro, no Piauí mostraram-se mais favoráveis ao desenvolvimento da cultura do milho na região. A produtividade média obtida (6.173 kg/ha) mostrou bom potencial dos híbridos avaliados, destacando-se como melhores adaptados aqueles com rendimentos médios acima da média geral. A maioria dos híbridos mostrou alta estabilidade nos ambientes considerados e o material ideal preconizado pelo modelo bissegmentado não foi encontrado no conjunto avaliado.

Palavras-chave: *Zea mays*, previsibilidade, cultivares, interação genótipos x ambientes.

Adaptability and stability of maize hybrids in the Brazilian Northeast Region. The present work aims to know the adaptability and the stability of 41 maize hybrids in order to make cultivations indication for Brazilian Northeast region. In the agricultural year of 2000/2001 24 trials were performed using a randomized complete block design with three replications. The combined analysis of variance showed genetic variations among the hybrids and inconsistent behaviors of those hybrid in front of environmental oscillations. The localities of Simão Dias (Sergipe State), São Raimundo das Mangabeiras (Maranhão State), Teresina, Parnaíba and Baixa do Grande Ribeiro (Piauí State), showed more favourable conditions to grow maize. The mean productivity (6,173 kg/ha) showed good potential for the evaluated hybrids standing out as better adapted those with means productivity above of the general mean. Most of the hybrids showed high stability in the considered environments but the ideal genotype according to the model was not found in the evaluated group.

Key words: *Zea mays*, stability, hybrid, genotype x environment interaction.

Introdução

O Nordeste brasileiro apresenta ambientes contrastantes em face de sua localização e extensão e, a atividade agrícola nessa região está diretamente condicionada pelos fatores edafoclimáticos. O milho sendo cultivado em toda a sua extensão e com os mais distintos sistemas de produção apresenta oscilações no seu rendimento, de acordo com as condições de ambientes e sistemas de produção praticados.

Anualmente, são desenvolvidos nessa região, ensaios de avaliação que englobam diferentes tipos de híbridos de milho, incluindo aqueles disponíveis no mercado e os que se encontram em fase de pré-lançamento. Esses experimentos conduzidos nas mais diferentes condições ambientais têm como propósito verificar o comportamento desses materiais quanto à produtividade e a outros atributos agrônômicos desejáveis. Os resultados desses ensaios têm contribuído significativamente, na indicação de híbridos de melhor adaptabilidade e estabilidade de produção, conforme assinalaram Cardoso et al. (2000) e Carvalho et al. (2000a e 2001).

Dada a crescente demanda pelo milho na região surge a necessidade de se proceder à avaliação de novos materiais lançados pelas empresas produtoras de sementes de milho híbrido, visando propiciar subsídios aos agricultores na escolha daqueles de melhor adaptação.

Outro fato a ser considerado nessa vasta região é a presença da interação cultivares x ambientes e que constitui-se um dos maiores problemas dos programas de melhoramento de qualquer espécie, sendo necessário minimizar o seu efeito, o que é possível pela recomendação de cultivares de melhor estabilidade fenotípica (Ramalho et al., 1993).

O comportamento dos genótipos frente às variações ambientais está, em geral, estritamente relacionado à sua base genética (Carneiro, 1998). Nesse contexto, Allard e Bradsaw (1964) assinalaram que genótipos de base genética mais ampla interagem menos com o ambiente e, conseqüentemente, são mais estáveis, sendo concordante com os resultados apresentados por Ruschel (1968) e Lemos (1976), os quais mostraram que os materiais mais heterogêneos foram mais estáveis, em relação aos mais homogêneos, quanto à produção de grãos. Paterniani e Zinsly (1965), citados por Carneiro (1998) atribuem ao grande número de genótipos, que constituem as populações heterogêneas, o fato responsável pela sua maior capacidade adaptativa. Resultados discordantes foram relatados por Ruschel e Penteado (1970) e Napolini Filho (1976), assinalando que materiais mais homogêneos são mais estáveis. No Nordeste brasileiro, em diversos trabalhos de competição de cultivares,

ficou demonstrado que materiais de melhor adaptabilidade pode ser encontrado dentro de qualquer grupo, independentemente de sua base genética (Carvalho et al., 1999, 2000a e 2001).

Considerando estes aspectos, realizou-se o presente trabalho com o objetivo de se conhecer a adaptabilidade e a estabilidade de diferentes de híbridos de milho, quando avaliados em diferentes condições ambientais do Nordeste brasileiro.

Material e Métodos

Os ensaios foram realizados em vinte e quatro ambientes do Nordeste brasileiro, no ano agrícola de 2000/2001, distribuídos nos Estados do Maranhão, Piauí, Rio Grande do Norte, Pernambuco, Alagoas, Sergipe e Bahia, em diferentes tipos de solos, entre as latitudes 2°63'S a 14°36'S (Tabela 1). As precipitações pluviárias ocorridas no decorrer do período experimental oscilaram de 279 mm, em Barra do Choça, na Bahia, a 1.104 mm, em Bom Jesus, no Piauí (Tabela 2).

Utilizou-se o delineamento experimental em blocos ao acaso, com três repetições dos quarenta e um híbridos. Cada parcela constou de quatro fileiras de 5,0 m de comprimento, a espaços de 0,90 m e, 0,40 m entre covas dentro das fileiras. Foram colocadas três sementes por cova, deixando-se duas plantas por cova, após o desbaste. As adubações de cada experimento foram realizadas de acordo com os resultados das análises de solo de cada área experimental. Foram colhidas as duas fileiras centrais de forma integral, e os pesos de grãos de todos os tratamentos foram ajustados para o nível de 15% de umidade.

Os dados de pesos de grãos foram submetidos a uma análise de variância, obedecendo-se ao modelo em blocos ao acaso, e a uma análise de variância conjunta, obedecendo-se ao critério de homogeneidade dos quadrados médios residuais, considerando-se aleatórios os efeitos de blocos e ambientes, e fixo, o efeito de cultivares.

Os parâmetros de adaptabilidade e estabilidade foram estimados segundo a metodologia proposta por Cruz et al. (1989), que utiliza o seguinte modelo:

$$Y_{ij} = b_{0i} + b_{1i}I_j + b_{2i}T(I_j) + \delta_{ij} + e_{ij}$$

onde Y_{ij} : média da cultivar i no ambiente j ; I_j : índice ambiental; $T(I_j) = 0$ se $I_j < 0$; $T(I_j) = I_j - I_+$ se $I_j > 0$, sendo I_+ 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; δ_{ij} : desvio da regressão linear; e_{ij} : erro médio associado à média.

Tabela 1. Coordenadas geográficas dos locais e tipos de solo das áreas experimentais. Região Nordeste do Brasil, 2000/2001.

Estado	Município	Latitude (S)	Longitude (W)	Altitude (m)	Tipo de solo
Maranhão	S. Raimundo das Mangabeiras	7° 22'	45° 36'	225	Alissolo Vermelho-Amarelo
	Sambaíba	7° 8'	45° 20'	212	Alissolo Vermelho-Amarelo
	Barra do Corda	5° 43'	45° 18'	84	Latossolo Vermelho-Amarelo
	Brejo	3° 41'	42° 45'	55	-
Piauí	Teresina	5° 5'	42° 49'	72	Neossolo Flúvico
	Parnaíba	2° 63'	41° 41'	15	Neossolo Quartzarênico
	Palmeiras do Piauí	8° 43'	44° 14'	270	Latossolo Vermelho-Amarelo
	Bom Jesus	9° 4'	44° 21'	277	Latossolo Vermelho-Amarelo
	Baixa G. do Ribeiro	7° 32'	45° 14'	325	Neossolo Quartzarênico
R. G. do Norte	Canguaretama	6° 22'	35° 7'	5	Latossolo Vermelho-Amarelo
Pernambuco	S. Bento do Uma	8° 31'	36° 22'	645	Neossolo regolítico
	Caruaru	8° 34'	38° 0'	537	Alissolo Vermelho-Amarelo
	Araripina	7° 33'	40° 34'	620	Latossolo Vermelho-Amarelo
	Vitória Santo Antão	8° 7'	35° 18'	137	Alissolo Vermelho-Amarelo
Alagoas	Arapiraca	-	-	-	Alissolo Vermelho-Amarelo
Sergipe	N. Sra. das Dores	10° 30'	37° 13'	200	Latossolo Vermelho-Amarelo
	Neópolis	10° 16'	36° 5'	15	Neossolo Flúvico
	Simão Dias	10° 44'	37° 48'	283	Neossolo Flúvico
Bahia	Lapão	11° 21'	41° 41'	785	Neossolo Flúvico
	Luís E. Magalhães	12° 21'	44° 41'	780	Neossolo Quartzarênico
	Barra do Choça	14° 36'	40° 36'	880	Alissolo Vermelho-Amarelo

Resultados e Discussão

As produtividades médias de grãos nos ensaios oscilaram de 3.582 kg/ha, no município de Lapão, na Bahia, a 9.148 kg/ha, em Simão Dias, em Sergipe destacando-se os municípios de Simão Dias, Teresina, Parnaíba e Baixa Grande do Ribeiro, no Piauí e São Raimundo das Mangabeiras, no Maranhão (Tabela 3), como mais favoráveis ao desenvolvimento da cultura de milho, com produtividades médias oscilando entre 7.498 kg/ha a 9.148 kg/ha. As produtividades médias alcançadas nesses ambientes colocam essas áreas em condições de competir com as áreas tradicionais de cultivo do milho do Brasil. Os coeficientes de variação encontrados variaram entre 7% a 19%, conferindo boa precisão aos ensaios, conforme critérios adotados por Scapim et al. (1995).

As fontes de variação: híbridos, ambientes e interação híbridos x ambientes foram significativas, a 1% de probabilidade, pelo teste F na análise de variância conjunta (Tabela 4), o que evidencia diferenças entre

os híbridos e os ambientes, além de mostrar que o comportamento dos híbridos foi inconsistente nos diferentes ambientes, justificando-se, assim, estudo mais detalhado dessa interação e recomendação do híbrido adequado para cada ambiente.

As produtividades médias de grãos nos híbridos oscilaram de 5.166 kg/ha (BRS 2110) a 6.926 kg/ha (Zeneca 84 E 90), com média de 6.173 kg/ha (Tabela 5), o que evidencia o alto potencial para a produtividade de híbridos avaliados. Ressalta-se que, aliado ao modelo proposto, considerou-se como híbridos melhor adaptados aqueles que mostraram rendimentos médios de grãos acima da média geral (Mariotti et al., 1976).

As demais estimativas dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade encontram-se na Tabela 5, verificando-se que a estimativa de b_1 , que avalia o desempenho dos materiais nos ambientes desfavoráveis, mostrou que, entre os materiais de melhor adaptação, os híbridos Zeneca 8420, Zeneca 84 E 60, Zeneca 85 E 03, A 2366, Pioneer 30 F 75 e A 2560

Tabela 2. Índices pluviiais (mm) ocorridos durante o período experimental. Região Nordeste do Brasil, 2000/2001.

Locais	2000		2001								Total
	Dez.	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	
S. Raimundo das Mangabeiras	369*	136	80	177	-	-	-	-	-	-	762
Sambaíba	429*	126	249	293	-	-	-	-	-	-	1097
Barra do Corda	-	108*	49	203	97	-	-	-	-	-	457
Brejo	.*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Teresina	-	254*	240	244	312	-	-	-	-	-	1050
Parnaíba	-	175*	245	119	379	-	-	-	-	-	918
Palmeiras do Piauí	314*	123	184	135	-	-	-	-	-	-	756
Bom Jesus	426*	190	161	327	-	-	-	-	-	-	1104
Baixa Grande do Ribeiro	389*	154	278	222	-	-	-	-	-	-	1043
Canguaretama	-	-	-	-	-	-	218*	101	59	25	403
Caruaru	-	-	-	-	-	-	165*	82	66	25	338
S. Bento do Una	-	-	-	-	-	-	220*	64	40	24	348
Arapiraca	-	-	-	-	-	-	.*	-	-	-	-
Vitória de Sto. Antão	-	-	-	-	-	-	.*	-	-	-	-
Araripina	-	53*	157	88	58	-	-	-	-	-	356
Simão Dias	-	-	-	-	-	-	158*	109	127	92	486
N. Sra. das Dores	-	-	-	-	-	-	173*	173	171	35	552
Neópolis	-	-	-	-	-	-	55*	270	258	18	1096
Lapão	285*	255	9	96	-	-	-	-	-	-	645
Barra do Corda	-	-	-	-128*	61	37	53	-	-	-	279
Luis E. Magalhães	-	.*	-	-	-	-	-	-	-	-	-

*Mês de plantio

· Fora do período experimental

foram muito exigentes nas condições desfavoráveis ($b_1 > 1$). Nesse grupo de materiais, apenas o híbrido Agromen 3050 mostrou-se pouco exigente nessas condições ($b_1 < 1$). A estimativa de $b_1 + b_2$ que avalia o desempenho dos materiais nos ambientes favoráveis, mostrou que, entre os híbridos de melhor adaptação, apenas os Zeneca 84 E 90, AG 1051, Zeneca 84 E 60, Cargill 747 e A 2366 foram responsivos à melhoria ambiental. Segundo Cruz et al. (1989) a previsibilidade dos materiais pode ser avaliada pela estimativa de R^2 , ressaltando que os materiais com estimativas de $R^2 > 80\%$, não dever ter os seus graus de previsibilidade comprometido. Desta forma, observa-se que todos os híbridos, à exceção dos Agromen 3050, BRS 3060, A 3663 e HT 1, expressaram boa estabilidade nos ambientes considerados ($R^2 > 80\%$). Relacionando-se à estabilidade dos híbridos com suas respectivas bases genéticas verifica-se que todos os híbridos, à exceção do Agromen 3050, BRS 3060, A 3663 e HT 1, mostraram

a mesma resposta à estabilidade, independentemente de suas bases genéticas (híbridos simples, híbridos triplos e híbridos duplos, concordando com os resultados apontados por Carvalho et al. (2000a, 2000b, 2001), os quais mostraram não haver uma relação fixa quanto à homogeneidade ou heterogeneidade do material e sua estabilidade.

Os resultados apresentados mostraram que o material ideal preconizado pelo modelo bissegmentado (b_0 alto, $b_1 < 1$, $b_1 + b_2 > 1$ e $R^2 > 80\%$) não foi encontrado no conjunto avaliado. Por outro lado, os híbridos Zeneca 84 E 90, AG 1051, Zeneca 84 E 60 e A 2366 apresentaram os requisitos necessários para adaptação nos ambientes favoráveis (b_0 alto, $b_1 > 1$, $b_1 + b_2 > 1$ e $R^2 > 80\%$). Os híbridos Zeneca 8420, SHS 5050, Zeneca 84 E 03, Pioneer 30 F 75 e A 2560 podem também ser recomendados para os ambientes favoráveis, por apresentaram produtividades médias altas ($b_0 >$ média geral), serem exigentes nas condições

Tabela 3. Média de produtividade de grãos e coeficientes de variação de cada ensaio. Região Nordeste de Brasil, 2000/2001.

Local	Média (kg/ha)	C.V (%)
Sambaíba	5.667	12
São Raimundo das Mangabeiras	8.368	9
Brejo	5.579	9
Barra do Corda	6.830	10
Teresina sequeiro	8.136	8
Parnaíba sequeiro	8.010	7
Palmeiras do Piauí	5.481	11
Bom Jesus	6.524	10
Baixa Grande do Ribeiro	8.086	7
Parnaíba irrigado	7.498	7
Teresina irrigado	8.007	7
Canguaretama	6.463	11
Araripina com calcário	3.625	14
Araripina sem calcário	3.611	10
Caruaru	3.928	12
São Bento do Una	3.708	12
Vitória de Santo Antão	6.007	19
Arapiraca	4.968	10
Simão Dias	9.148	7
Nossa Senhora das Dores	6.992	11
Neópolis	5.827	10
Luís Eduardo Magalhães	5.503	16
Barra do Choça	6.528	13
Lapão	3.582	15

Tabela 4. Análise de variância conjunta de produtividade de grãos de quarenta e um híbrido de milho em 24 ambientes no Nordeste brasileiro no ano agrícola de 2000/2001.

Fontes de variação	Graus de liberdade	Quadrados médios
Ambientes (A)	23	345989096**
Híbridos (H)	40	11007143**
Interação (A x H)	920	1272905**
Resíduo	1.920	425130

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

desfavoráveis ($b_1 > 1$), mostraram estimativas de $b_1 + b_2$ semelhantes à unidade e boa estabilidade nos ambientes considerados ($R^2 > 80\%$). No que tange aos ambientes desfavoráveis, nota-se que não foi encontrada qualquer híbrido que atendessem a todos os requisitos necessários para adaptação nessas classe de ambientes ($b_0 > \text{média geral}$, b_1 e $b_1 + b_2 < 1$ e $R^2 > 80\%$). Mesmo assim, percebe-se que o híbrido Agromen 3050 pode ser

recomendado para essa situação, por apresentar $b_0 > \text{média geral}$, b_1 e $b_1 + b_2 < 1$ e $R^2 > 80\%$). Os híbridos que mostraram boa adaptação ($b_0 > \text{média geral}$) e as estimativas de b_1 tendendo para a unidade e estimativa de $R^2 > 80\%$ tem importância significativa para a região, a exemplo do Pioneer X 1318 H, Pioneer 3021, AG 6690, Zeneca 8410, AG 7575, Dina 657, Agromen 2012, Colorado 32, Cargill 747 e SHS 5070.

Tabela 5. Produtividade de grãos e estimativa dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade de 41 híbridos de milho em 24 ambientes dos Nordeste brasileiro no ano de 2000/2001.

Híbridos	Média			b ₁	b ₂	b ₁ + b ₂	R ² (%)
	Geral	Desfavorável	Favorável				
Zeneca 84 E 90 ¹	6.926	5.229	8.622	1,21**	0,06ns	1,28*	93
DKB 350 ²	6.741	5.298	8.185	0,99ns	0,01ns	1,00ns	91
AG 1051 ³	6.721	5.190	8.157	1,15**	0,36*	1,51**	89
Pioneer X 1318 ¹	6.690	5.116	8.265	1,01ns	-0,54**	0,46**	81
Pioneer 3021 ³	6.635	5.088	8.181	1,06ns	0,09ns	1,16ns	86
AG 6690 ¹	6.629	5.217	8.042	1,01ns	-0,04ns	0,97ns	92
Agromen 3050 ¹	6.601	5.396	7.756	0,81**	-0,08ns	0,72*	87
Zeneca 8410 ¹	6.535	5.184	7.888	1,01ns	-0,12ns	0,89ns	87
Zeneca 8420 ¹	6.532	5.780	8.283	1,21**	-0,15ns	1,05ns	86
AG 7575 ¹	6.524	5.173	8.125	1,01ns	-0,47**	0,54**	87
Dina 657 ¹	6.510	5.147	7.867	1,04ns	0,10ns	1,15ns	90
Zeneca 84 E 60 ¹	6.454	4.876	8.031	1,16**	0,10ns	1,26*	90
Agromen 2012 ³	6.422	4.956	7.888	1,01ns	0,06ns	1,07ns	90
SHS 5050 ²	6.396	4.853	7.940	1,10*	-0,31*	0,80ns	88
Colorado 32 ²	6.393	4.954	7.831	1,03ns	-0,24ns	0,80ns	89
Cargill 747 ³	6.373	5.004	7.743	1,00**	0,31*	1,31*	89
Zeneca 84 E 03 ²	6.310	4.757	7.862	1,13**	0,03ns	1,17ns	94
SHS 5070 ²	6.277	4.995	7.560	0,96ns	0,16ns	1,12ns	89
A 2366 ¹	6.260	4.818	7.701	1,22**	0,30*	1,52**	89
Pioneer 30 F 75 ¹	6.231	4.734	7.725	1,10*	0,04ns	1,14ns	91
A 2560 ¹	6.188	4.806	7.564	1,11**	-0,23ns	0,87ns	82
AG 9010 ¹	6.103	4.839	7.284	0,81**	-0,01ns	0,80ns	84
AG 8080 ²	6.095	4.582	7.607	1,09ns	0,09ns	1,18ns	88
Pioneer 30 F 88 ¹	6.087	4.577	7.596	1,13**	-0,22ns	0,91ns	90
Agromen 3180 ²	6.066	4.944	7.188	0,84**	0,26ns	1,11ns	92
BR 206 ³	6.050	4.768	7.331	0,95ns	-0,21ns	0,73*	95
Agromen 3150 ²	6.004	4.800	7.206	0,87*	0,28*	1,16ns	89
BRS 3060 ²	5.938	4.566	7.309	1,00ns	-0,25ns	0,75ns	77
DAS 112 X ¹	5.873	4.710	7.204	0,89*	0,03ns	0,91ns	83
MR 2601 ¹	5.862	4.362	7.302	1,01ns	0,10ns	1,16ns	89
BR 3123 ²	5.852	4.391	7.313	1,07	-0,43**	0,64**	88
Agromen 3060 ²	5.851	4.707	6.994	0,86**	0,20ns	1,06ns	95
Cargill 435 ³	5.821	4.481	7.160	0,92ns	0,07ns	1,00ns	93
BRS 3101 ²	5.818	4.576	7.060	0,94ns	0,19ns	1,13ns	89
A 3565 ²	5.792	7.668	6.915	0,94ns	0,12ns	1,07ns	87
HT 5 ²	5.784	4.507	7.061	0,97ns	0,09ns	1,06ns	89
A 3663 ²	5.731	4.799	6.662	0,84**	0,08ns	0,92ns	72
HT 1 ²	5.718	4.393	6.513	0,78**	-0,65**	0,11**	52
A 2288 ¹	5.627	4.626	6.627	0,75**	0,45**	1,21ns	84
A 2005 ¹	5.582	4.309	6.854	0,92ns	0,40**	1,32*	84
BRS 2110 ³	5.166	3.953	6.277	0,93ns	-0,10ns	0,83ns	80
Média	6.173	C.V. (%) = 11					

** e * Significativamente diferentes da unidade para b₁ e b₁ + b₂ e de zero, para b₂, a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t de Student.

¹Híbrido simples, ²híbrido triplo e ³híbrido duplo

Conclusões

1. As altas produtividades médias de grãos mostradas nos municípios de São Raimundo das Mangabeiras, no Maranhão, Teresina, Parnaíba e Baixa Grande do Ribeiro, no Piauí e, Simão Dias, no agreste sergipano, expressam o potencial de híbridos que podem ser explorados nesses ambientes.

2. O genótipo ideal preconizado pelo modelo bissegmentado não foi encontrado no conjunto avaliado.

3. Nos ambientes favoráveis destacam-se os híbridos Zeneca 84 E 90, AG 1051, Zeneca 84 E 60 e A 2366; nas condições desfavoráveis sobressaíram os híbridos Agromen 3050 e Zeneca 8420.

Literatura Citada

- ALLARD, R. W.; BRADSHAW, A. D. 1964. Implications of genotypes x environmental interactions in applied plant breeding. *Crop Science* 4(5): 503-508.
- ARIAS, E.R.A. 1996. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho no Estado do Mato Grosso do Sul e avanço genético obtido no período de 1986/87 a 1993/94. Tese de Doutorado. Lavras, ESAL. 118p.
- CARDOSO, M.J.; CARVALHO, H.W.L. de.; LEAL, M. de L. da S.; SANTOS, M.X. dos. 2000. Comportamento, adaptabilidade e estabilidade de híbridos de milho no Estado do Piauí no ano agrícola de 1998. *Revista Científica Rural (Brasil)* 5(1): 146-153.
- CARNEIRO, P.C.S. 1998. Novas metodologias de análise de adaptabilidade e estabilidade de comportamento. Tese de Doutorado. Lavras, ESAL. 168p.
- CARVALHO, H.W.L. de.; LEAL, M. de L. da S.; CARDOSO, M.J.; SANTOS, M.X. dos.; CARVALHO, B.C.L. de.; TABOSA, J.N.; LIRA, M.A.; ALBUQUERQUE, M.M. 2001. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares e híbridos de milho no Nordeste brasileiro no ano agrícola de 1998. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 36 (4): 637-644.
- CARVALHO, H.W.L. de.; LEAL, M. de L. da S.; SANTOS, M.X. dos.; CARDOSO, M.J.; MONTEIRO, A.A.T.; TABOSA, J.N. 2000a. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares e híbridos de milho no Nordeste brasileiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 35 (6): 1115-1123.
- CARVALHO, H.W.L. de.; LEAL, M. de L. da S.; SANTOS, M.X. dos.; MONTEIRO, A.A.T.; CARDOSO, M.J.; CARVALHO, B.C.L. de. 2000b. Estabilidade de cultivares de milho em três ecossistemas do Nordeste brasileiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 35(9): 1773-1781.
- CARVALHO, H.W.L. de.; SANTOS, M.X. dos.; LEAL, M. de L da S.; PACHECO, C. A.P.; CARDOSO, M.J.; MONTEIRO, A.A.T. 1999. Adaptabilidade e estabilidade de produção de cultivares de milho no Nordeste brasileiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 34(9): 1581-1591.
- CRUZ, C.D.; TORRES, R.A. de.; VENCOVSKY, R. 1989. An alternative approach to the stability analysis by Silva and Barreto. *Revista Brasileira de Genética* 12(2): 567-580.
- LEMONS, M. A. 1976. Variabilidade fenotípica em híbridos simples, variedades e compostos de milho. Dissertação de Mestrado. Piracicaba, ESALQ. 62p.
- MARIOTTI, I.A.; OYARZABAL, E. S.; OSA, J. M.; BULACIO, A.N.R.; ALMADA, G.H. 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.
- NASPOLINI FILHO, W. 1976. Variabilidade fenotípica e estabilidade em híbridos simples, variedades e compostos de milho. Dissertação de Mestrado. Piracicaba, ESALQ. 68p.
- RAMALHO, M.A.P.; SANTOS, J.B. dos.; ZIMMERMANN, M.J de O. 1993. Genética quantitativa em plantas autógamas: aplicação no melhoramento do feijoeiro. Goiânia, Editora UFG. pp.131-169. (Publicação, 120).
- RUSCHEL, R. 1968. Interação genótipo x localidade na região Centro-Sul em milho (*Zea mays* L.). Dissertação de Mestrado. Piracicaba, ESALQ. 60p.
- RUSCHEL, R.; PENTEADO, F. 1970. Análise dos

componentes da variância de duas classes de cultivares de milho e estimativas do progresso genético médio em ensaios de produção. Pesquisa Agropecuária Brasileira 5(3): 381-388.

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.



USO DE MARCADORES MOLECULARES RAPD E MICROSSATÉLITES VISANDO A CONFIRMAÇÃO DA FECUNDAÇÃO CRUZADA ENTRE *Theobroma cacao* E *Theobroma grandiflorum*

Fábio Gelape Faleiro^{1*}, José Luis Pires¹ e Uilson Vanderlei Lopes¹

¹Ceplac/Cepec/Laboratório de Biotecnologia, Seção de Genética, Caixa Postal 07, 45600-970, Itabuna, Bahia, Brasil;

*Endereço atual: Embrapa Cerrados, C.P. 08223, 73310-970, Planaltina, Distrito Federal, Brasil.

E-mail: ffaleiro@cpac.embrapa.br

Marcadores moleculares são utilizados como uma ferramenta auxiliar em programas de melhoramento genético. Neste trabalho, objetivou-se analisar a utilização de marcadores RAPD e microssatélites para confirmar a fecundação cruzada em supostos híbridos F₁ de *Theobroma cacao* e *Theobroma grandiflorum* e selecionar *primers* que produzam bandas de DNA informativas para tal procedimento. Para isso, marcadores moleculares foram obtidos para quatro supostos híbridos F₁ e os possíveis pais, utilizando-se 12 *primers* para RAPD e 23 pares de *primers* para microssatélites. Os marcadores moleculares gerados pelos diferentes *primers* foram analisados quanto à presença ou não de bandas informativas para a confirmação da fecundação cruzada. No caso dos marcadores RAPD, 75% dos *primers* testados geraram pelo menos uma banda informativa. No caso dos marcadores microssatélites, bandas informativas foram obtidas com 40% das combinações de *primers*. Os marcadores RAPD e microssatélites mostraram-se excelentes ferramentas para verificar a ocorrência ou não da fecundação cruzada entre *T. cacao* e *T. grandiflorum*.

Palavras-chave: Híbridação artificial, cacau, cupuaçu

Use of RAPD and microsatellite molecular markers to confirm the artificial crosses between *Theobroma cacao* and *Theobroma grandiflorum*.

Molecular markers have been used as a tool in breeding programs. The objective of this study was to verify the potential of RAPD and microsatellite markers as a tool to identify successful crosses in supposed F₁ hybrids between *Theobroma cacao* and *Theobroma grandiflorum*, and to identify primers which produce informative bands for such approach. In this context, molecular markers were obtained for four supposed F₁ hybrids and their potential parents, using 12 RAPD primers and 23 pairs of microsatellite primers. The molecular markers generated by those primers were analyzed for presence or absence of informative bands for the confirmation of the crosses. For the RAPD markers, 75% of the primers tested resulted in at least one informative band. For the microsatellite markers, informative bands were obtained with 40% of the primer combinations. The RAPD and microsatellite markers showed to be an excellent tool to verify the occurrence or not of crossing between *T. cacao* and *T. grandiflorum*.

Key words: Artificial hybridization, cocoa, cupuaçu

Introdução

O gênero *Theobroma* possui 22 espécies e assume grande importância devido à relevância econômica do cacauero (*Theobroma cacao* L.) (Cuatrecasas, 1964; Silva et al., 2001). A importância econômica de *T. cacao* é traduzida pelo consumo de chocolate e confeitos sob as mais variadas formas, pela utilização da manteiga de cacau nas indústrias farmacêuticas e de cosméticos e, também, pela utilização da polpa, a qual vem conquistando o mercado nacional e internacional. O mel de cacau, extraído da polpa de suas sementes, pode ser utilizado na fabricação de vinho, vinagre, licores e geléias de boa qualidade (Menezes e Carmo-Neto, 1993).

A prática do melhoramento genético do cacauero de uma forma organizada e sistematizada foi implementada em Trinidad, no início da década de 1930 e, a partir desta época, diferentes estratégias vêm sendo utilizadas em programas de melhoramento (Dias, 2001). O cruzamento interespecífico é uma alternativa dentro do programa de melhoramento do cacauero na busca de genes de interesse, diversidade genética e heterose. No Centro de Pesquisas do Cacau (Cepec/Ceplac), testes de hibridação entre *Theobroma cacao* e outras espécies do gênero estão sendo feitos. Dentre estas espécies, o cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) apresenta grande potencial de complementaridade gênica, devido, principalmente, à sua resistência a doenças.

A confirmação da fecundação cruzada é de extrema importância no processo e pode ser feita por meio de características de natureza dominante e de fácil visualização que sejam contrastantes entre as espécies envolvidas (genes marcadores). Na ausência de tais características ou na impossibilidade de avaliação das mesmas rapidamente ou em determinada fase da planta, marcadores moleculares do DNA têm sido utilizados para tal objetivo (Alzate-Marín et al., 1996). No caso do cacau e do cupuaçu a cor e o tipo de germinação da semente podem ser utilizadas como genes marcadores em determinados cruzamentos e fase da planta. O uso de marcadores moleculares do DNA seria uma alternativa útil para a confirmação da fecundação cruzada entre cacau e cupuaçu, quando não for possível a análise das características da semente.

Neste trabalho, objetivou-se analisar a utilização de marcadores RAPD e microssatélites para confirmar a fecundação cruzada em supostos híbridos F₁ de *T. cacao* e *T. grandiflora* e selecionar *primers* que geram bandas de DNA informativas para tal procedimento.

Materiais e Métodos

Material genético

No presente estudo, foram utilizadas quatro plantas oriundas de sementes de um fruto de *T. cacao*, tipo comum, o qual desenvolveu-se após uma hibridação artificial com pólen de *T. grandiflorum*. As quatro plantas supostamente híbridas foram analisadas juntamente com plantas dos possíveis pais.

Extração do DNA

O DNA genômico de cada uma das quatro plantas supostamente híbridas, do genitor feminino (*T. cacao*) e do genitor masculino (*T. grandiflorum*) foi extraído, a partir de tecido foliar, utilizando-se o método do CTAB (Doyle e Doyle, 1990) com algumas modificações (Faleiro et al., 2003). Após a extração, a concentração do DNA foi estimada por espectrofotometria a 260 nm. Bandas de DNA genômico total, separadas por eletroforese em gel de agarose 0,8%, foram usadas como indicadores da integridade e da pureza do DNA extraído. Após a quantificação, as amostras de DNA de boa qualidade foram diluídas para a concentração de 10 ng/μL.

Obtenção dos marcadores RAPD e Microssatélites

As reações de amplificação para RAPD foram feitas em um volume total de 25 μL, contendo Tris-HCl 10 mM (pH 8,3), KCl 50 mM, MgCl₂ 2 mM, 100 μM de cada um dos desoxinucleotídeos (dATP, dTTP, dGTP e dCTP), 0,4 μM de um *primer* decâmero, uma unidade da enzima *Taq* polimerase e, aproximadamente, 30 ng de DNA. As amplificações foram efetuadas em termociclador programado para 40 ciclos, cada um constituído pela seguinte seqüência: 15 segundos a 94 °C, 30 segundos a 35 °C e 90 segundos a 72 °C. Após os 40 ciclos, foi feita uma etapa de extensão final de 7 minutos a 72 °C e, finalmente, a temperatura foi reduzida para 4 °C.

No caso dos microssatélites, as reações de amplificação foram feitas em um volume total de 15 μL, contendo Tris-HCl 10 mM (pH 8,3), KCl 50 mM, MgCl₂ 2,4 mM, 150 μM de cada um dos desoxinucleotídeos (dATP, dTTP, dGTP e dCTP), 3 μM de cada um dos dois *primers* (F e R), uma unidade da enzima *Taq* polimerase e, aproximadamente, 30 ng de DNA. As amplificações foram efetuadas em termociclador, de acordo com o seguinte programa: 4 minutos a 94 °C + 10 ciclos (30 segundos a 94 °C + 60 segundos a 60 °C – 1°C a cada ciclo + 90 segundos a 72 °C) + 30 ciclos (30 segundos a 94 °C + 60

segundos a 48 °C + 90 segundos a 72 °C) + 6 minutos a 72°C. Após amplificação a temperatura das amostras foi reduzida a 4°C.

Foram testados 12 *primers* decâmeros (Operon Technologies Inc., Alameda, CA, EUA) para obtenção dos marcadores RAPD e 23 pares de *primers* (Lanaud et al., 1999) para microssatélites (Tabelas 1 e 2). Após a amplificação, foram adicionados, a cada amostra, 3 µl de uma mistura de azul de bromofenol (0,25%), glicerol (60%) em água. Essas amostras foram aplicadas em gel de agarose 1,2 e 3% para separação das bandas RAPD e microssatélites, respectivamente. O gel foi submerso em tampão TBE (Tris-Borato 90 mM, EDTA 1 mM) e a separação eletroforética foi de, aproximadamente, quatro horas, a 90 volts. Ao término da corrida, os géis foram corados com brometo de etídio e fotografados sob luz ultravioleta.

Análise

Os marcadores moleculares gerados pelos diferentes *primers* foram analisados quanto à presença ou não de bandas informativas para a confirmação da fecundação cruzada. As bandas informativas são alelos presentes no genitor masculino e ausentes no feminino, cuja presença nas plantas supostamente híbridas confirmam

a fecundação cruzada. Foram consideradas bandas informativas somente aquelas com alta nitidez e reprodutibilidade.

Resultados e Discussão

Os marcadores RAPD e microssatélites mostraram-se excelentes ferramentas para verificar a ocorrência ou não da fecundação cruzada entre *T. cacao* e *T. grandiflora*. No caso dos marcadores RAPD, 75% dos *primers* testados geraram pelo menos uma banda informativa para a confirmação da fecundação cruzada (Tabela 1). No caso dos marcadores microssatélites, bandas informativas foram obtidas com 40% das combinações de *primers* (Tabela 2).

A ausência de bandas informativas em produtos de amplificação gerados por alguns *primers* ou combinações de *primers* ocorreu por causa da ausência de polimorfismo de bandas de *T. cacao* e *T. grandiflorum*, da ausência de amplificação ou da ocorrência de produtos fracos e com baixa reprodutibilidade. O uso de um ou dois *primers* ou combinações de *primers* com pelo menos uma banda informativa é suficiente para confirmar ou não a ocorrência da fecundação cruzada. Alzate-Marín et al. (1996) propôs uma metodologia para confirmar a

Tabela 1. Resultado das amplificações obtidas com a utilização de 12 *primers* decâmeros para marcadores RAPD.

Nome	Seqüência do <i>primer</i> (5'→3')	Amplificações		Banda Informativa
		Cacau	Cupuaçú	
OPF1	ACGGATCCTG	+	+	-
OPF2	GAGGATCCCT	+	+	+
OPF3	CCTGATCACC	+	+	+
OPG4	AGCGTGTCTG	+	+	+
OPG5	CTGAGACGGA	+	+	-
OPG6	GTGCCTAACC	+	+	+
OPH2	TCGGACGTGA	+	+	+
OPH8	GAAACACCCC	+	+	+
OPH9	TGTAGCTGGG	+	+	+
OPI10	ACAACGCGAG	+	+	+
OPI11	ACATGCCGCG	+	+	+
OPI12	AGAGGGCACA	+	+	-

+ Amplificação nítida / presença de banda informativa

- Amplificação ausente ou fraca / ausência de banda informativa

Tabela 2. Resultado das amplificações obtidas com a utilização 23 combinações de *primers* para marcadores microsatélites.

Nome*	Seqüência do <i>primer</i> (5'→3')**	Amplificações		Banda Informativa
		Cacau	Cupuaçu	
mTcCIR1	GCAGGGCAGGCTCAGTGAAGCA TGGGCAACCAGAAAACGAT	+	+	+
mTcCIR2	CAGGGAGCTGTGTTATTGGTCA AGTTATTGTCGGCAAGGAGGAT	+	-	-
mTcCIR3	CATCCCAGTATCTCATCCATTCAGT CTGCTCATTCTTTTCATATCA	+	+	+
mTcCIR4	CGACTAAAACCCAAACCATCAA AATTATTAGGCAACCCGAACTT	+	+	-
mTcCIR6	TTCCCTCTAAACTACCCTAAAT TAAAGCAAAGCAATCTAACATA	+	-	-
mTcCIR7	ATGCGAATGACAACCTGGT GCTTTTCAGTCCTTTGCTT	+	+	-
mTcCIR8	CTAGTTTCCCATTACCA TCCTCAGCATTTTCTTTC	+	-	-
mTcCIR9	ACCATGCTTCCTCCTTAC ACATTTATACCCCAACCA	+	+	-
mTcCIR10	ACAGATGGCCTACACACT CAAGCAAGCCTCATACTC	+	-	-
mTcCIR11	TTTGGTGATTATTAGCAG GATTCGATTTGATGTGAG	+	+	+
mTcCIR12	TCTGACCCCAAACCTGTA ATTCCAGTTAAAGACCAT	+	+	+
mTcCIR13	CAGTCTAACAAGGTGAG TGCCCCACTTGACAATA	+	+	+
mTcCIR15	CAGCCGCCTCTTGTTAG TATTTGGGATTCTTGATG	+	-	-
mTcCIR16	ACCTTCACCAGCTCACC TAAATTCTACTAGCAAATTACC	+	+	-
mTcCIR17	AAGGATGAAGGATGTAAGAGAG CCCATACGAGCTGTGAGT	+	+	-
mTcCIR18	GATAGCTAAGGGGATTGAGGA GGTAATTCAATCATTGAGGATA	+	+	-
mTcCIR19	CACAACCCGTGCTGATTA GTTGTTGAGGTTGTTAGGAG	+	+	-
mTcCIR21	GTCGTTGTTGATGTCGGT GGTGAGTGTGTGTTTGTCT	+	+	+
mTcCIR22	ATTCTCGCAAAAACCTTAG GATGGAAGGAGTGTAATAG	+	+	-
mTcCIR24	TTTGGGGTGATTTCTTCTGA TCTGTCTCGTCTTTTGGTGA	+	-	+
mTcCIR25	CTTCGTAGTGAATGTAGGAG TTTAGGTAGGTAGGGTTATCT	+	+	+
mTcCIR26	GCATTCATCAATACATTC GCACTCAAAGTTCATACTAC	+	+	+
mTcCIR28	GATCAATCAAGGGCAAACACAT TAAAGCAGCCTACCAAGAAAAG	+	+	-

* Isolados e caracterizados por Lanaud et al. (1999);

** Seqüência de primers disponíveis no genebank (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov>)

+ Amplificação nítida / presença de banda informativa;

- Amplificação ausente ou fraca / ausência de banda informativa

fecundação cruzada entre cultivares de feijão e soja com base na amplificação de uma banda RAPD informativa para cada cruzamento. Na verdade, cada banda informativa funciona como um gene marcador comumente utilizado pelos melhoristas (Borém, 1997).

A Figura 1 mostra a análise de duas bandas informativas na confirmação da fecundação cruzada. Nota-se que, na análise, foram incluídas as amostras dos possíveis pais. Tal procedimento é importante por causa da possibilidade de haver polimorfismo intra-específico. De acordo com os resultados, as quatro plantas oriundas de um fruto de *T. cacao*, o qual desenvolveu-se após uma hibridação artificial com pólen de *T. grandiflorum*, não foram originados por fecundação cruzada, e sim, por autofecundação. Novas tentativas de hibridação vêm sendo realizadas no CEPEC. As bandas informativas identificadas neste trabalho serão bastante úteis na identificação dos possíveis híbridos.

Os marcadores RAPD e microssatélites mostraram-se excelentes ferramentas para verificar a ocorrência

ou não da fecundação cruzada entre *T. cacao* e *T. grandiflorum*. O princípio da metodologia pode ser utilizado para confirmação de fecundação cruzada envolvendo cruzamentos inter e intra-específicos. Tal metodologia é rápida (permite a confirmação da fecundação cruzada em estágios iniciais de desenvolvimento de supostos híbridos) e confiável (análise do DNA), podendo ser utilizada para cruzamentos que não possuam genes marcadores ou para casos onde a análise dos mesmos seja difícil, demorada ou possível em apenas algumas fases da planta.

Agradecimentos

Ao Common Fund for Commodities, International Cocoa Organization pelo auxílio financeiro. Ao IBECAU pela bolsa de pesquisa concedida a Fábio G. Faleiro.

Literatura Citada

- ALZATE-MARÍN, A.L. et al. 1996. Use of RAPD-PCR to identify true hybrid plant from crosses between closely related progenitors. *Brazilian Journal of Genetics* 19: 621-623.
- BORÉM, A. 1997. *Melhoramento de Plantas*. Viçosa, UFV.547p.
- CUATRECASAS, J. 1964. Cacao and its allies: a taxonomic revision of the genus *Theobroma*. *Contributions from the United States National Herbarium* 35: 379-614.
- DIAS, L.A.S. 2001. Contribuições do melhoramento. *In* Dias, L.A.S. (Ed.) *Melhoramento genético do cacauero*. Viçosa, Editora Folha de Viçosa. pp. 493-527.
- DOYLE, J.J.; DOYLE, J.L. 1990. Isolation of plant DNA from fresh tissue. *Focus* 12: 13-15.
- FALEIRO, F.G. et al. 2003. Otimização da extração e amplificação de DNA de *Theobroma cacao* L. visando obtenção de marcadores RAPD. *Agrotrópica (Brasil)* 14(2): 31-34.
- LANAUD, C. et al. 1999. Isolation and characterization of microsatellites in *Theobroma cacao* L. *Molecular Ecology* 8:2141-2143.

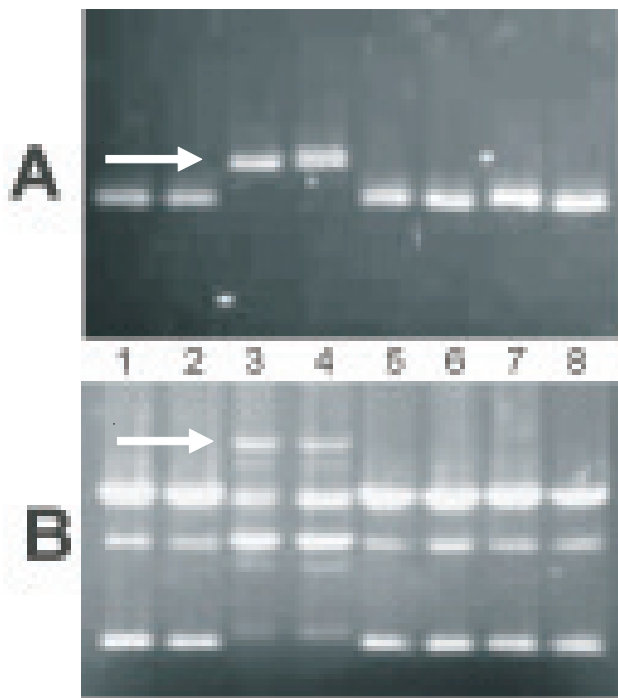


Figura 1. Produtos de amplificação de amostras de DNA gerados pelos primers mTcCIR11 (A) e OPG-06 (B). As amostras foram extraídas de *T. cacao* como genitor feminino (1 e 2), *T. grandiflorum* como genitor masculino (3 e 4) e supostos híbridos F_1 (5 a 8). As setas indicam bandas informativas para a confirmação da fecundação cruzada.

MENEZES, J.A.S.; CARMO-NETO, D. 1993. A modernização do agribusiness cacau. 2ed. Campinas, Fundação Cargill. 180p.

SILVA, C.R.S., FIGUEIRA, A.V.O.; SOUZA, C.A.S.

2001. Diversidade no gênero *Theobroma*. In Dias, L.A.S. (Ed.) Melhoramento genético do cacau. Viçosa, Editora Folha de Viçosa Ltda. pp. 49-80.



MANEJO DO CACAUEIRO SILVESTRE EM VÁRZEA DO ESTADO DO AMAZONAS, BRASIL

Luiz Carlos de Almeida¹ e Admilson Mota de Brito²

¹ULBRA/ILES. Av. Universitária s/n. 78960-000. Ji-Paraná, Rondônia, Brasil. E-mail: agronomiajp@ulbra.br

²Ceplac/Supoc/Serex. Rua Maceió, 460, Bairro Adrianópolis, 69057-010, Manaus, Amazonas, Brasil.

A pesquisa foi realizada por três anos consecutivos (1996/98) em propriedade cacaueteira de várzea, localizada na margem esquerda do Rio Amazonas, município de Itacoatiara-AM. Os objetivos foram: i) avaliar o efeito das práticas de desbrote, desbaste de touceiras, raleamento de sombra e controle cultural das doenças vassoura-de-bruxa e podridão parda no aumento da produção do cacaueteiro e ii) avaliar a fenologia dos lançamentos e floração do cacaueteiro na incidência da vassoura-de-bruxa. Utilizou-se um hectare de cacaueteiros com 180 touceiras, o qual foi dividido em três áreas com 60 touceiras cada, onde foram aplicados os tratamentos: 1- Desbaste do número de troncos/touceira em 25%; 2- Desbaste do número de troncos/touceira em 40% e 3 - Testemunha, sem desbaste. O tratamento 2 foi superior aos demais tratamentos, com aumentos da produtividade de 37, 58 e 44% para os três anos, respectivamente, em relação ao tratamento 3. A incidência das doenças vassoura-de-bruxa e podridão parda foi baixa no período, nos três tratamentos. A baixa incidência da vassoura-de-bruxa foi atribuída à pequena disponibilidade de tecidos suscetíveis do cacaueteiro nos meses de janeiro a abril.

Palavras-chave: *Theobroma cacao*, práticas culturais, várzea, vassoura-de-bruxa.

Management of wild cocoa in the flat lands of the State of Amazonas, Brazil. The research was carried out for consecutive three years (1996/98) in a typical wild cocoa farm localized in the left margin of the Amazon river, Itacoatiara, Amazon State and the objectives were: i) to evaluate the effect of the management of the practices clump thinning, elimination of excessive shading and cultural control of witches' broom and black pod diseases on the production of the cocoa tree. ii) to evaluate the phenology of flushes and flowering in relation to witches' broom incidence. One hectare of cocoa plantation with 180 clumps was utilized for experiment and the following treatments were applied for each 60 clumps: 1- Reduction of the number of trunks/clump in 25% ; 2- Reduction of the number of trunks/clump in 40%; 3- Test, without clump thinning. Results showed the superiority of the treatment 2 in all period, with productivity of 37, 58 and 44% in relation to treatment 3. The witches' broom and black pod diseases incidence in the period was low in all treatments. The low incidence of witches' broom was attributed to the low quantity of the susceptible tissues of cocoa tree during the rain period, January to April.

Key words: *Theobroma cacao*, cultural practices, flat land, witches' broom.

Introdução

A Amazônia brasileira além de depositária de significativa parte da biodiversidade do cacau (*Theobroma cacao* L.), espécie encontrada amplamente disseminada nas matas de terra firme e nas várzeas dos principais rios da região, é também uma tradicional fonte produtora de cacau, atividade esta de grande importância econômica para as populações ribeirinhas que habitam suas várzeas.

As várzeas constituem um ecossistema típico das margens dos rios de água branca (barrenta), cujos solos apresentam normalmente fertilidade natural variando de média a alta em razão da deposição dos sedimentos em suspensão nas águas durante o período das cheias (Falesi, 1972). No Médio Amazonas, as alagações variam por períodos de dois a três meses, maio a julho, e as populações de cacau silvestre ali existentes em grande quantidade, encontram-se associadas a várias espécies botânicas de valor econômico, incluindo frutíferas e madeiráveis, dentre outras (Nascimento e Santana, 1974).

Nessas várzeas o cacau é explorado de forma semi-extrativista, cujas plantações são de idade desconhecida, entouceiradas, com elevado número de chupões (ramos ortotrópicos jovens) e troncos por touceira, com grande variação no número de touceiras por hectare, excessivamente sombreados, baixa produtividade e com incidência das principais doenças fúngicas do cacau da região, a podridão parda causada por *Phytophthora* spp e com maior destaque a vassoura-de-bruxa causada por *Crinipellis pernicioso*.

A região do Médio Amazonas é também tradicional área de produção de cacau silvestre e está localizada a 4° de latitude Sul e 57° de longitude Oeste, abrangendo os municípios de Itacoatiara, Urucurituba, Silves e Parintins, todos no estado do Amazonas.

Em levantamento realizado em 186 propriedades cacauíferas, foi constatado média de 484 touceiras/hectare, 4,45 troncos/touceira e produtividade de 265 kg de cacau seco/ha (Nascimento et al, 1973). Esses autores constataram também que 90 % das propriedades possuíam cacauais de área inferior a 10 hectares, com predominância de plantações de 2 a 4 hectares, em cerca de 77%, o que caracteriza o aspecto da pequena propriedade familiar que, além de outras atividades, tem no cacau uma importante fonte de renda.

Além desses aspectos, essa reserva de biodiversidade vem sofrendo erosão genética com mais intensidade em alguns locais, nos últimos anos, pela substituição da cacauicultura por outras atividades, principalmente a pecuária da várzea. Na tentativa de conservar essas áreas, dando-lhes nova dimensão econômica e sem prejuízos ao meio ambiente, Nascimento et al (1984) realizaram um

experimento pioneiro e verificaram a possibilidade de aumentar a produtividade do cacau silvestre em 83%, utilizando as técnicas de desbaste de touceiras, raleamento do excesso de sombra e controle cultural das doenças vassoura-de-bruxa e podridão parda. Estes resultados iniciais serviram de incentivo a novos estudos, haja vista essa atividade contribuir de forma significativa, há séculos, para a economia dessas populações ribeirinhas.

Os objetivos desta pesquisa foram: i) avaliar o efeito das práticas de desbrota, desbaste de touceira, raleamento de sombra e controle cultural das doenças vassoura-de-bruxa e podridão parda no aumento da produtividade do cacau silvestre e ii) avaliar a fenologia dos lançamentos e floração do cacau e sua relação com a incidência da vassoura-de-bruxa.

Material e Métodos

A pesquisa foi realizada por três anos consecutivos (1996 a 1998) em propriedade cacauífera de várzea localizada no município de Itacoatiara-AM, a duas horas de barco da sede do município e aproximadamente 200 km da cidade de Manaus. As características climáticas da região são pluviosidade anual de 2.166 mm, período mais chuvoso nos meses de fevereiro a abril, temperatura máxima de 32°C, mínima de 23°C e umidade relativa do ar de 82%, em média (Xavier, 1972).

O trabalho teve início em outubro de 1995 através de levantamento da plantação de cacau existente na propriedade, onde constatou-se área de 5 ha com 800 touceiras de cacau (160 touceiras/hectare), incidência generalizada de chupões e 3 a 15 troncos/touceira. Constatou-se também a existência de várias espécies botânicas convivendo lado a lado com o cacau, com predominância da seringueira (*Hevea brasiliensis*) e menor ocorrência de ucuúba (*Virola surinamensis*), samaúma (*Ceiba pentandra*), ingá (*Ingá* spp) e frutíferas como o abacateiro (*Persea americana*), cajazeira (*Spondias monbin*), açazeiro (*Euterpe oleracea*) e goiabeira (*Psidium guayava*), dentre outras, constituindo um sistema agroflorestral (SAF) caboclo, típico do agrossistema cacau de várzea (Figuras 1 e 2).

A área experimental constou de 180 touceiras (1,12 ha), a qual foi dividida em três parcelas de 60 touceiras, onde foram aplicados os tratamentos: 1) desbrota e eliminação de 25 % de troncos/touceira, remoção de vassouras vegetativas e de almofadas florais infectadas e frutos mumificados; 2) desbrota e eliminação de 40 % de troncos/touceira, remoção de vassouras vegetativas e de almofadas florais infectadas e frutos mumificados; e 3) Testemunha – sem realização de nenhuma das práticas



Figura 1. Área típica do cacaueteiro silvestre em época de cheia, em várzea do Rio Amazonas. Itacoatiara, AM. Julho/1998.



Figura 2. Touceira tombada do cacaueteiro silvestre, em fase de produção. Itacoatiara, AM. Julho de 1998.

chupões e o podão para remoção de frutos mumificados e das poucas vassouras existentes nos troncos e copas das árvores. Tais práticas demandaram por hectare 29 jornadas, além de 30 litros de gasolina, 1,5 litro de óleo 2T e 10 litros de óleo lubrificante SAE-40, num custo total de R\$ 250,00 para os tratamentos 1 e 2, no ano de implantação do experimento. A Figura 3 mostra uma touceira típica do cacaueteiro das várzeas e a Figura 4 uma visão das touceiras após a prática do desbaste.

Para avaliar a fenologia do cacaueteiro e suas relações com a incidência da vassoura-de-bruxa, foram selecionados ao acaso, três touceiras/parcela, onde foi registrado, semanalmente, no ano de 1996, a emissão de novas folhas (lançamento) e de almofadas florais ativas (floração). Para registro da emissão de novas folhas marcaram-se dez ramos/touceira, totalizando 30 ramos. Para registro da floração foi marcado um espaço de dois metros no tronco mais desenvolvido de cada touceira eleita.



Figura 3. Touceira típica de cacaueteiro silvestre. Itacoatiara, AM. Outubro de 1995.

citadas. A média de troncos/touceira no tratamento 3 foi 12 e para os tratamentos 1 e 2, após o desbaste, foi de 7,5 e 5, respectivamente. Maiores índices de desbaste, foram considerados perigosos para a manutenção do equilíbrio das touceiras, devido à proximidade das mesmas e, principalmente, ao forte entrelaçamento de ramos e troncos entre touceiras vizinhas. O desbaste foi realizado em outubro/1995, e além dos cuidados inerentes ao equilíbrio das touceiras por ocasião da prática, foi observado também a não abertura de buracos na copa dos cacaueteiros, o que poderia contribuir para maior incidência dos raios solares, induzindo maior fluxo de lançamentos e floração e, como consequência, aumento da incidência da vassoura-de-bruxa. Os equipamentos utilizados no trabalho foram a moto-serra para o corte dos troncos mais desenvolvidos, facão para a desbrota dos



Figura 4. Desbaste de touceiras de cacaueteiro silvestre. Itacoatiara, AM. Outubro de 1995.

Resultados e Discussão

● Efeito das práticas de desbrota, desbaste de touceiras, eliminação do excesso de sombra e controle cultural de doenças na produção do cacauero.

Embora os dados não tenham sido submetidos a análise estatística, verificou-se efeito benéfico das práticas de manejo no aumento da produção (Tabela 1). O tratamento 2 (desbaste de 40%) foi superior aos demais tratamentos em todo o período de estudo, com aumentos da produtividade de 37, 58 e 44% para os três anos, respectivamente, em relação ao tratamento 3 (testemunha). Esses resultados estão em consonância com os dados obtidos por Nascimento et al (1984), em estudos dessa natureza realizados em plantações de cacaueros silvestres em várzea do Amazonas, embora os índices de aumento da produtividade sejam menores que os obtidos pelos citados autores. Deve ser ressaltado que, embora a produtividade dos tratamentos que foram submetidos ao desbaste tenham sido superiores ao tratamento 3, nos três anos de estudo, a produtividade para todos os tratamentos foi reduzida a partir do segundo ano, provavelmente, devido ao efeito das enchentes nos anos subsequentes, aliado ao ataque de animais silvestres (papagaios e macacos, principalmente) e à queda e morte de algumas touceiras. As médias de produtividade para os três tratamentos, nos três anos, foram 270, 325 e 224 kg de cacau seco/ha, respectivamente.

Com relação à perda de frutos devido o ataque de vassoura-de-bruxa e podridão parda, nos três anos do experimento, não foram verificadas grandes diferenças nos índices de ocorrência em frutos, os quais foram considerados baixos (Tabela 1). No caso da vassoura-de-bruxa, a incidência de vassouras vegetativas na copa e em almofadas florais foi insignificante, nos três tratamentos, não ultrapassando 10 vassouras touceira⁻¹ ano⁻¹. A baixa incidência da vassoura-de-bruxa na copa e almofadas florais em plantações de cacaueros silvestres

em áreas de várzea foram constatadas por outros pesquisadores em outras ocasiões (Almeida e Barriga, 1988 e Nascimento et al., 1984)).

Quanto aos aspectos econômicos do manejo, o custo foi elevado apenas no primeiro ano de implantação (R\$ 250,00/ha), uma vez que nos anos subsequentes a manutenção da área exigiu apenas desbrotas e remoção dos frutos secos presos às árvores e remoção das poucas vassouras existentes (Tabela 2). Além do mais, esta é uma prática que pode ser incorporada ao dia-a-dia do produtor, podendo ser realizada pela mão-de-obra familiar, o que de certa forma contribui para redução dos custos no primeiro ano de tratamento em cerca de 80%. Se considerarmos a elevação dos preços do cacau para R\$ 7,00/kg, e os preços dos demais insumos para fevereiro/2003, o desbaste de 40% possibilita um adicional de R\$ 557,00/ha, em relação ao tratamento testemunha, correspondente a 35,5% (Tabela 3). Deve-se considerar também que a cacauicultura das várzeas é uma atividade de caráter semi-extrativista, sem utilização de fertilizantes químicos e agrotóxicos, originando portanto um produto eminentemente “orgânico” com amplas possibilidades de conquistar melhores preços em mercados mais exigentes em produtos dessa natureza, necessitando apenas de uma melhor divulgação e melhoria na estrutura de produção, beneficiamento e comercialização.

● Fenologia dos lançamentos e floração do cacauero.

A fenologia dos lançamentos é mostrada na Figura 5, onde verifica-se que a emissão de novos lançamentos nos três tratamentos atingiu sua máxima expressão no período de julho e novembro, fora, portando, do período mais chuvoso do ano, meses de janeiro a abril. No caso da floração (Figura 6), foi constatada a presença de almofadas florais ativas durante todo o ano, nos três tratamentos, com ligeira interrupção no tratamento 3 nos meses de maio e junho.

Tabela 1. Efeito do manejo na produtividade e perda de frutos por vassoura-de-bruxa e podridão parda em cacaueros silvestres das várzeas. Itacoatiara-AM, 1996/98.

Tratamentos	Ano/96			Ano/97			Ano/98		
	kg/ha	VB	PP	kg/ha	VB	PP	kg/ha	VB	PP
1. Desbaste 25%	350	5,7	4,0	204	5,0	9,5	256	8,30	2,00
2. Desbaste 40%	382	4,5	3,0	292	5,5	8,5	302	7,30	3,00
3. Testemunha	278	4,8	3,6	1 85	6,2	7,0	210	8,20	3,00

VB: % de frutos infectados por vassoura-de-bruxa

PP: % de frutos infectados por podridão parda

Tabela 2. Custos do manejo, produtividade, receita total e receita líquida. Itacoatiara, Amazonas. 1996/98. (Um hectare com 160 touceiras).

Tratamento	Custos do manejo R\$1,00	Produtividade (kg ha)	Receita Total R\$1,00	Receita Líquida R\$1,00
Ano 1996				
Tratamento 1	250,00	350	280,00	30,00
Tratamento 2	250,00	382	305,00	55,60
Tratamento 3	0,00	278	222,40	222,40
Ano 1997				
Tratamento 1	21,00*	204	285,60	264,60
Tratamento 2	21,00*	292	408,80	378,80
Tratamento 3	0,00	185	259,00	259,00
Ano 1998				
Tratamento 1	21,00*	256	358,40	337,40
Tratamento 2	21,00*	302	422,80	401,80
Tratamento 3	0,00	210	294,00	294,00

Preços jornada R\$ 7,00 nos três anos

Preços do cacau: em 1996 R\$ 0,80/kg e 1997/98 R\$ 1,40/kg

*Mão-de-obra para desbrotas e controle cultural de doenças

Tabela 3. Custos e receitas atualizados para fevereiro de 2003, considerando as médias do custo e produtividade para os três tratamentos nos três anos de estudo. Itacoatiara, AM. 2003. (Um hectare com 160 touceiras).

Tratamentos	Custo R\$1,00	Produtividade Kg/ha	R. Bruta R\$1,00	R. Líquida R\$1,00	Diferença (*)
1. Desbaste de 25%	150,00	270	1.890,00	1.740,00	172,00
2. Desbaste de 40%	150,00	325	2.275,00	2.125,00	557,00
3. Testemunha	0,00	224	1.568,00	1.568,00	

Preços atualizados para fevereiro/2003

Cacau : R\$ 7,00 kg⁻¹ ; Jornada: R\$ 10,00 ; Gasolina: R\$ 2,60 litro; Óleo 2T R\$ 12,00 litro

(*) Diferença de Receita Líquida em relação a testemunha

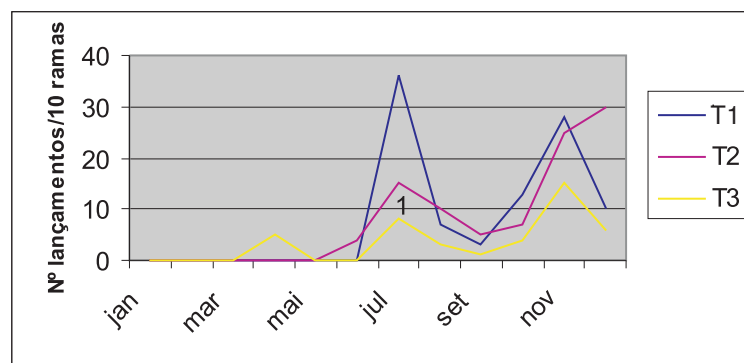


Figura 5. Fluxo foliar de cacaueros silvestres em várzea do Amazonas. Itacoatiara, AM. 1996.

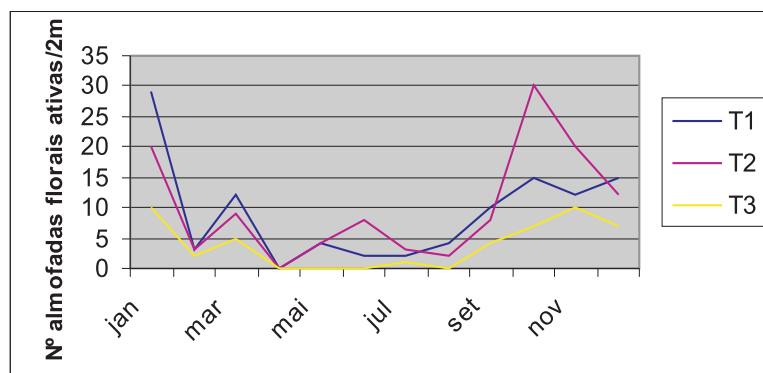


Figura 6. Intensidade de floração de cacauzeiros silvestres em várzea do Amazonas. Itacoatiara, AM. 1996.

A condição necessária para a incidência da vassoura-de-bruxa é a presença concomitante dos tecidos suscetíveis do cacauzeiro (novos lançamentos, almofadas florais ativas e frutos jovens) e esporos do patógeno, condição esta que só ocorre no período mais chuvoso do ano. No caso das plantações cacauzeiras das várzeas, a ausência de tratamentos culturais de desbrotas, desbaste de touceiras e raleamento de sombra, aliados aos efeitos das alagações cíclicas anuais que reduzem o ritmo fisiológico do cacauzeiro, são fatores que influem para a reduzida disponibilidade de tecidos suscetíveis nos meses de esporulação do fungo, contribuindo para a baixa incidência da vassoura-de-bruxa, conforme comenta Nascimento et al, 1984.

Conclusões

1. O desbaste de touceiras em 40% foi superior aos demais tratamentos nos três anos de duração do experimento, com produtividade máxima de 382 kg de cacau seco ha⁻¹ no primeiro ano, correspondente a 37% de aumento da produção em relação ao tratamento testemunha. Nos dois anos seguintes, embora a produtividade dos três tratamentos tenha decrescido, o desbaste de 40% foi superior em 58% e 44%, respectivamente, em relação a testemunha.

2. A receita líquida foi positiva em todos os tratamentos nos três anos, porém, com vantagens para o tratamento de desbaste de 40%. Considerando a atualização dos preços do produto e dos insumos para fevereiro/2003, esse tratamento possibilitou uma receita líquida adicional de R\$ 557,00 por hectare, corresponde a 35,5% em relação ao tratamento testemunha.

3. A reduzida disponibilidade de tecidos suscetíveis do cacauzeiro nos meses mais chuvosos do ano foi responsável pela baixa incidência da vassoura-de-bruxa nos três tratamentos no período estudado.

Agradecimentos

Os autores agradecem aos Eng. Agrônomos Paulo Gil Gonçalves de Matos e Caio Márcio Vasconcelos Cordeiro de Almeida e aos técnicos agrícolas Afonso Rabelo Costa, Raimundo Salins Cruz e José Augusto Pereira Garcia pela indispensável ajuda na execução desse trabalho e aos revisores da Revista Agrotrópica pelas valiosas sugestões.

Literatura Citada

- ALMEIDA, L. C. de; BARRIGA, J. P. 1988. Incidência da vassoura-de-bruxa (*Crinipellis pernicioso*) em plantações de cacau nos ecossistemas da várzea e terra firme do Estado do Amazonas. Relatório de viagem. Belém, CEPLAC/DEPEA. 12p. (Mimeografado).
- FALESI, I. C. 1972. O estado atual dos conhecimentos sobre os solos da Amazônia brasileira. In: Zoneamento Agrícola da Amazônia (1ª aproximação). Belém, IPEAN. Boletim Técnico nº 54. pp.17-67.
- NASCIMENTO, J. C. et al. 1973. Estudo situacional da cacauicultura no Estado do Amazonas. Ilhéus, CEPLAC, Série Miscelânea nº 5. 23p.
- NASCIMENTO, J. C.; SANTANA, J. N. 1974. Espécies vegetais encontradas sombreando *Theobroma cacao* L. em várzea amazônica. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira Para o Progresso da Ciência, 26ª, Recife, 1974. Resumos. Recife, SBPC. p. 364.
- NASCIMENTO, J. C.; ALMEIDA, L. C. de; ALVIM, P. T. 1984. Efeito de práticas culturais sobre a produção de cacauzeiros em várzeas amazônicas. Revista Theobroma (Brasil) 14(3): 175-180.
- XAVIER, T. B. 1972. O estado atual dos conhecimentos das condições climáticas da Amazônia brasileira. In: Zoneamento Agrícola da Amazônia (1ª aproximação). Belém. IPEAN. Boletim Técnico nº 54. pp. 68-153.

DESEMPENHO DE CULTIVARES DE MILHO NA REGIÃO MEIO-NORTE DO BRASIL

Milton José Cardoso¹, Hélio Wilson Lemos de Carvalho², Maria de Lourdes da Silva Leal², Manoel Xavier dos Santos³ e Antônio Carlos Oliveira³

¹Embrapa Meio-Norte, Av. Duque de Caxias, 5650, Caixa Postal 01, 64.006-220, Teresina, Piauí, Brasil. E-mail: milton@cpamn.embrapa.br. ²Embrapa Tabuleiros Costeiro, Av. Beira Mar, 3250, Caixa Postal 44, 49001-970, Aracaju, Sergipe, Brasil. ³ Embrapa Milho e Sorgo, Rodovia MG 424, km 65, Caixa Postal 151, 35701-970, Sete Lagoas, Minas Gerais, Brasil.

No ano agrícola de 2000/2001 avaliou-se 36 cultivares de milho (24 variedades e 12 híbridos), submetidas a diferentes condições ambientais na Região Meio-Norte do Brasil, visando conhecer a adaptabilidade e estabilidade para fins de recomendação. Utilizou-se o delineamento experimental em blocos casualizados, com três repetições. Foram detectadas diferenças entre as cultivares em face das oscilações ambientais. A produtividade média obtida (5.966 kg.ha⁻¹) mostra o potencial para a produtividade das cultivares avaliadas. Todas as cultivares, à exceção das CMS 35, Guape 209 e CMS 47, expressaram boa estabilidade de produção nos ambientes considerados. Analisando-se o comportamento das cultivares que mostraram melhor adaptação (produtividades médias superiores à média geral). Verificou-se que apenas a variedade Sertanejo mostrou ser mais estável nas condições desfavoráveis e que os híbridos Zeneca 8330, Dina 766, Colorado 9560, Pioneer 30 F 80 e Agromen 3100 mostraram ser muito exigentes nessas mesmas condições ($b_1 > 1$). A exceção da variedade Sertanejo, apesar de não ter sido identificados híbridos e variedades com adaptação específica a ambientes favoráveis, a recomendação de materiais com maiores rendimentos e $R^2 > 80\%$ é de interesse para a Região, a exemplo dos híbridos Pioneer X 1318, HT 9, Zeneca 8550 e HT 10 e das variedades SHS 600 – EX 200, AL 25, AL 34 e AL 30.

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

Corn cultivars performance in the Middle-North Brazilian region. In the agricultural year of 2000/2001 was evaluated 36 corn cultivars (24 varieties and 12 hybrids), submitted to different environmental conditions in the Middle-North Brazil region. The objective was to study the adaptability and the stability of those materials for recommendation ends. The experimental design utilized was a randomized complete blocks with three replications. Differences were detected among the cultivars due to environmental oscillations. The average productivity obtained (5,966 kg.ha⁻¹) showed the potential for the productivity of the evaluated cultivars. All cultivars, except CM 35, Guape 209 and CM 47, expressed good production stability in the considered environments. The behavior of the cultivar that showed better adaptation (higher average productivities to the general average), was verified that the Sertanejo variety just showed to be stable in the unfavorable conditions and those hybrids Zeneca 8330, Dina 766, Colorado 9560, Pioneer 30 F 80 and Agromen 3100 showed to be very demanding in those same conditions ($b_1 > 1$). It was not identified hybrid and varieties with specific adaptation to favorable environment except the Sertanejo variety. The recommendation of materials with higher yield and $R^2 > 80\%$ is of interest for the region, for example the hybrids Pioneer X 1318 H, HT 9, Zeneca 8550 and HT 10 and of the varieties SHS 600 – EX 200, AL 25, AL 34 and AL 30.

Key words: *Zea mays*, hybrids, varieties, genotype x environment interaction

Introdução

A Região Meio-Norte do Brasil apresenta-se bastante diversificada quanto à composição dos seus sistemas produtivos, em face da multiplicidade de ecossistemas vocacionados para o desenvolvimento das atividades agropecuárias e florestais, abrigando, assim, um grande elenco de atividades econômicas, destacando-se, entre outras, a produção de grãos (Embrapa, 2000). Neste sentido, o milho exerce forte contribuição, em razão de ocupar a maior área plantada na região, sendo cultivado, predominantemente, por pequenos e médios produtores, em consórcio com o feijão caupi, arroz e algodão.

A região ainda apresenta uma extensa fronteira agrícola favorável à expansão da área cultivada e ao aumento da produtividade, caso seja ampliada a adoção de inovações tecnológicas (Embrapa, 2000). Como exemplo, pode-se citar, as extensas áreas de Cerrados localizadas no Sul e Leste maranhense e no Sudoeste piauiense que vem sendo exploradas por produtores de outras regiões do País, os quais vêm desenvolvendo sistemas de produção bastante tecnificados, com uso significativo de sementes de milho híbrido.

Outro fato a se constatar nessa vasta região é a diversificação de ecossistemas, detectando-se, entre eles, os Cerrados, o Semi-Árido, os Tabuleiros Litorâneos, a Baixada Maranhense e a Pré-Amazônia, o que resulta em condições ambientais adversas, onde o milho é cultivado nos mais variados sistemas de produção. Nessas condições, a presença da interação cultivar x ambiente assume papel fundamental no processo de recomendação de novos genótipos. Para que se proceda uma recomendação mais eficiente, torna-se necessário minimizar o efeito dessa interação, por meio de seleção de cultivares com melhor estabilidade fenotípica (Ramalho et al., 1993).

A ocorrência significativa da interação genótipo x ambiente tem sido constatada em vários experimentos com a cultura do milho (Ruschel e Penteado, 1970; Oliveira, 1976; Pacheco, 1987; Cruz et al., 1989; Carvalho et al., 1992, 2000, 2001; Arias, 1996; Cardoso et al., 1997, 2000a e 2000b; Carneiro, 1998; Ribeiro et al., 1999 e Gama et al., 2000), evidenciando, assim, a necessidade de se identificar, entre os genótipos testados, aqueles com melhor adaptabilidade e estabilidade, com vistas à recomendação de cultivares.

Vale ressaltar que nem sempre a presença da interação cultivar x ambiente implica em diferenças na estabilidade de materiais genéticos, conforme destacou Chaves et al. (1989). Essa interação, conforme assinalaram os autores mencionados, pode ocorrer devido à falta de ajuste do conjunto de dados ao modelo matemático adotado na

análise, embora a transformação desses dados possa resultar na ausência de interação significativa.

Arias (1996) destacou que alguns pesquisadores têm demonstrado interesse em estabelecer uma relação entre estabilidade de produção e a base genética dos materiais, em razão da disponibilidade de vários tipos de cultivares de milho, que diferem quanto à sua base genética. Resultados relatados na literatura com a cultura do milho mostraram que os materiais menos homogêneos possuem uma produção mais estável que os mais homogêneos (Ruschel, 1968 e Lemos, 1976) e, que essa maior capacidade adaptativa das populações heterogêneas é devido ao grande número de cultivares que as constituem (Paterniani, 1965). Resultados contrastantes têm sido assinalados por outros trabalhos, os quais indicam que certos materiais mais homogêneos, por serem heterozigotos na maioria dos locos, são mais estáveis que materiais constituídos de uma mistura de genótipos (Ruschel e Penteado, 1970; Napolini Filho, 1976). Diversos trabalhos recentes realizados no Nordeste brasileiro têm evidenciado que os materiais avaliados, contendo diferentes bases genéticas, mostraram a mesma resposta à estabilidade (Carvalho et al. 1999 a, 1999 b, 2000 e 2001).

Considerando-se os pontos levantados, desenvolveu-se este trabalho com o objetivo de conhecer a adaptabilidade e a estabilidade de variedades e híbridos de milho, quando submetidos a diferentes condições ambientais na Região Meio-Norte do Brasil.

Material e Métodos

Os ensaios foram executados, no ano agrícola de 2000/2001, em onze ambientes na Região Meio-Norte do Brasil distribuídos nos Estados do Maranhão (quatro ambientes) e Piauí (sete ambientes). Neste último Estado, dois experimentos foram executados sob condição de irrigação por aspersão convencional (Municípios de Teresina e Parnaíba) nos demais ambientes sob condições de sequeiro. Na Tabela 1, estão as coordenadas geográficas de cada município, as quais estão compreendidas entre os paralelos 2° 53' S (Parnaíba, no Piauí) e 9° 4' S (Bom Jesus, no Piauí), englobando diferentes condições ambientais (Embrapa, 2000). Os índices pluviométricos (mm) registrados no decorrer do período experimental encontram-se na Tabela 2.

Foram avaliadas 36 cultivares (doze híbridos e 24 variedades). Utilizou-se o delineamento experimental em blocos ao acaso com três repetições. Cada parcela constou de quatro fileiras de 5,0 m de comprimento

Tabela 1. Coordenadas geográficas dos ambientes e tipos de solo das áreas experimentais

Estado	Município	Latitude (S)	Longitude (W)	Altitude (m)	Tipos de solo ¹
Maranhão	S.R. das Mangabeiras	7° 22'	45° 36'	225	AVA
	Sambaíba	7° 8'	45° 20'	212	AA
	Barra do Corda	5° 43'	45° 18'	84	LA
	Brejo	3° 41'	42° 45'	55	LA
Piauí	Teresina	5° 5'	42° 49'	72	NF
	Parnaíba	2° 53'	41° 41'	15	NQ
	Palmeiras do Piauí	8° 43'	44° 14'	270	LA
	Bom Jesus	9° 4'	44° 21'	277	LA
	Baixa G. do Ribeiro	7° 32'	45° 14'	325	AA

(1) AVA= Argissolo Vermelho Amarelo, AA= Argissolo Amarelo, LA= Latosso Amarelo, NF= Neossolo Flúvico, NQ= Neossolo Quartzarênico

Tabela 2. Índices pluviométricos (mm) durante o período experimental. Região Meio-Norte do Brasil. Ano agrícola 2000/2001

Municípios	2000		2001				Total
	Dez.	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	
S.R. das Mangabeiras	369,01	136,00	80,50	177,50	103,00	28,00	894,00
Sambaíba	429,01	126,00	249,00	293,00	127,00	28,00	1252,00
Barra do Corda		108,21	48,80	102,50	96,60	17,80	474,90
Brejo		190,01	213,00	536,00	65,00	96,00	1100,00
Teresina	-	253,61	239,80	244,10	312,50	18,30	1068,30
Parnaíba	-	175,21	245,20	119,10	379,20	46,30	965,00
Palmeiras do Piauí	314,51	123,01	184,00	135,00	128,00	56,50	941,00
Bom Jesus	426,01	190,00	161,00	327,00	129,00	73,00	1240,00
Baixa G. do Ribeiro	388,91	154,30	278,90	222,40	148,20	42,70	1235,40

¹Mês de plantio dos experimentos. Os trabalhos irrigados foram semeados durante o mês de julho de 2001.

espaçadas de 0,80 m e 0,50 m entre covas dentro das fileiras. Foram colocadas três sementes por cova, deixando-se duas plantas após o desbaste. Foram colhidas as duas fileiras centrais de forma integral, correspondendo a uma área útil de 8,0 m². As adubações realizadas em cada experimento foram feitas de acordo com os resultados das análises de solo de cada área experimental e com a exigência da cultura.

Os pesos de grãos de cada tratamento, após serem ajustados para 15 % de umidade, foram submetidos à análise de variância, obedecendo ao modelo de blocos ao acaso. Após a análise de variância de cada tratamento, efetuou-se a análise da variância conjunta, obedecendo ao critério de homogeneidade dos quadrados médios residuais (Pimentel-Gomes, 1990), considerando aleatório os efeitos de blocos e ambientes e fixo o efeito de cultivares, conforme o modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + C_i + A_j + CA_{ij} + B/A_{kj} + \epsilon_{ijk}$$

μ = média geral; C_i = efeito da cultivar i ; A_j = efeito do local j ; CA_{ij} = efeito da interação da cultivar i com o local j ; B/A_{kj} = efeito do bloco k dentro do local j ; ϵ_{ijk} = erro aleatório.

Os parâmetros de adaptabilidade e estabilidade foram estimados segundo a metodologia proposta por Cruz et al. (1989), a qual baseia-se na análise de regressão bissegmentada, tendo como parâmetros de adaptabilidade a média e a resposta linear aos ambientes desfavoráveis (b_{1j}) e aos favoráveis ($b_{1j} + b_{2j}$). A estabilidade dos materiais é avaliada pelos desvios da regressão s_{ji} de cada cultivar, de acordo com as variações ambientais. Utilizou-se o modelo:

$$Y_{ij} = b_{0i} + b_{1i}I_j + b_{2i}T(I_j) + d_{ij} + \bar{E}_{ij}, \text{ onde:}$$

Y_{ij} = média da cultivar i no ambiente j ; I_j = índice ambiental; $T(I_j) = 0$ se $I_j < 0$; $T(I_j) = I_j - I_+$ se $I_j > 0$,

sendo I_+ a média dos índices I_j positivos; b_{0i} : média geral da cultivar i ; b_{1i} = coeficiente de regressão linear associado à variável I_j ; b_{2i} = coeficiente de regressão linear associado à variável $T (I_j)$; d_{ij} = desvio da regressão linear; \bar{E}_{ij} = erro experimental.

Resultados e Discussão

Foram observadas diferenças significativas entre as cultivares, a 1% de probabilidade, pelo teste F, evidenciando a presença de variações entre elas, quanto ao caráter produtividade de grãos. As produtividades médias de grãos nos ensaios variaram de 3.842 kg.ha⁻¹, no Município de Brejo, no Maranhão, a 7.360 kg.ha⁻¹, em São Raimundo das Mangabeiras, também no Maranhão, o que indica uma ampla faixa de variação nas condições ambientais, em que foram realizados os ensaios (Tabela 3).

O Município de São Raimundo das Mangabeiras, no Maranhão, e no Piauí os Municípios de Baixa Grande do Ribeiro, Teresina (em condição de sequeiro e irrigado) e Parnaíba (em condição de sequeiro e irrigado) apresentaram maior potencialidade para a cultura do milho. Vale ressaltar que os rendimentos médios obtidos, colocam essas áreas em condições de competir na expansão da cultura do milho com as áreas tradicionais de cultivo no Brasil. Os coeficientes de variação obtidos (Tabela 3) indicaram boa precisão desses ensaios, de acordo com a classificação de Scapin et al. (1995).

A análise de variância conjunta evidencia efeitos significativos a 1% de probabilidade, pelo teste F, para ambientes, cultivares e interação entre cultivar x

ambiente, o que indica diferenças entre os ambientes, as cultivares e inconsistência no comportamento das cultivares ante às oscilações ambientais (Tabela 4). Constatada a presença da interação, foram estimados os parâmetros de adaptabilidade e estabilidade, propostos por Cruz et al. (1989). Aliado ao modelo proposto, consideram-se como cultivares melhor adaptadas as que expressaram maiores produtividades de grãos (Mariotti et al., 1976).

As produtividades médias de grãos (b_0) variaram de 4.342 kg.ha⁻¹ (CMS 47) a 7.224 kg.ha⁻¹ (Pioneer x 1318), com média geral de 5.966 kg.ha⁻¹ (Tabela 5), o que evidencia o alto potencial para a produtividade das cultivares avaliadas. Os híbridos com média de 6.566 kg.ha⁻¹ foram mais produtivos que as variedades, as quais produziram, em média, 5.666 kg.ha⁻¹. A melhor adaptação dos híbridos, em relação às variedades, vem sendo detectada na região em trabalhos de competição de cultivares (Cardoso et al., 2000 a e 2000 b). As cultivares de rendimentos superiores à média geral mostraram melhor adaptação (Mariotti et al., 1976), destacando-se entre elas os híbridos Pioneer 1318 H, Zeneca 8330, Dina 766, Colorado 9560 e a variedade SHS 600 – EX 200, apesar de serem semelhantes, estatisticamente, a algumas outras cultivares (Tabela 5).

Analisando o comportamento das cultivares de melhor adaptação (produtividade média acima da média geral) (Tabela 5), e a estimativa de b_1 menor possível (melhor desempenho nas condições desfavoráveis), evidencia-se que apenas a variedade Sertanejo mostrou ser mais estável nessa condição ($b_1 < 1$) e que os híbridos Zeneca 8330, Dina 766, Colorado 9560, Pioneer 30 F 80 e Agromen 3100 mostraram ser muito

Tabela 3. Produtividades médias de grãos e coeficientes de variação obtidos em ensaios executados em onze ambientes da Região Meio-Norte do Brasil, no ano agrícola de 2000/2001.

	Ambiente	Produtividade média (kg.ha ⁻¹)	Coeficiente de variação (%)
Maranhão	Sambaíba	4.229	11
	S.R. das Mangabeiras	7.360	9
	Brejo	3.842	14
	Barra do Corda	5.596	11
Piauí	Teresina sequeiro	6.950	13
	Parnaíba sequeiro	7.278	8
	Palmeiras do Piauí	4.900	13
	Bom Jesus	5.131	13
	Baixa G. do Ribeira	6.796	7
	Teresina irrigado	6.534	10
	Parnaíba irrigado	7.348	8

Tabela 4. Análise de variância conjunta da produtividade de grãos de 36 cultivares de milho, em 11 ambientes da Região Meio-Norte do Brasil, no ano agrícola de 2000/2001.

Fontes de variação	Graus de liberdade	Quadrados médios
Ambientes (A)	10	178.182.420**
Cultivares (C)	35	13.885.518**
Interação A x C	350	894.825**
Resíduo	770	391.473

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

exigentes nessas mesmas condições ($b_1 > 1$). A estimativa de $b_1 + b_2$, que avalia a resposta das cultivares nos ambientes favoráveis mostra, nesse grupo de materiais, que apenas o híbrido Zeneca 8550 respondeu à melhoria ambiental ($b_1 + b_2 > 1$).

Cruz et al. (1989) assinalam que o compartimento da produtividade pode também ser avaliado pela estimativa de R^2 , salientando que aqueles materiais que apresentaram estimativas de R^2 acima de 80% evidenciaram boa estabilidade, nos ambientes considerados. Desta forma, nota-se na Tabela 5 que à exceção dos CMS 35, Guape 209 e CMS 47, todos os materiais expressaram boa estabilidade ($R^2 > 80\%$).

Relacionando-se à estabilidade das cultivares com suas respectivas bases genéticas (Tabela 5), percebe-se que todas, à exceção das CMS 35, Guape 209 e CMS 47, mostraram a mesma resposta à adaptabilidade ($R^2 > 80\%$), independentemente de suas bases genéticas (variedades, híbridos simples, triplos e duplos). Resultados de inúmeros trabalhos na literatura com a cultura do milho mostraram não haver uma relação fixa entre a homogeneidade ou heterogeneidade de determinado genótipo e sua estabilidade, sendo possível selecionar materiais mais estáveis em qualquer grupo, quer sejam variedades, híbridos simples, híbridos triplo ou híbridos duplo (Carneiro, 1998; Carvalho et al. 2000 e 2001 e Ribeiro et al., 1999), o que também constatou-se nesse trabalho.

Considerando os resultados apresentados, depreende-se que a cultivar ideal preconizada pelo modelo bissegmentado, ou seja, aquela que apresenta uma média alta (b_0 , alto), o b_1 o menor possível (menos exigente nas condições desfavoráveis), $b_1 + b_2$ o maior possível (responsivos à melhoria ambiental) e alta estabilidade nos ambientes considerados ($R^2 > 80\%$) não foi encontrada no conjunto avaliado. Também não foi encontrado qualquer cultivar que atendessem a todos os requisitos

para adaptação nos ambientes desfavoráveis. Nesse caso, o material teria que apresentar uma média alta (b_0 , alto) os b_1 e $b_1 + b_2 < 1$ e $R^2 > 80\%$. Mesmo assim, percebe-se que a variedade Sertanejo pode ser recomendada para essa condição por apresentar b_0 alto, $b_1 < 1$, $b_1 + b_2$ semelhante a unidade e $R^2 > 80\%$. Da mesma forma, não foi encontrada qualquer cultivar que atendessem a todos os requisitos necessários para adaptação nos ambientes favoráveis, porquanto, teria que exibir estimativas de b_0 alta, b_1 e $b_1 + b_2 > 1$ e $R^2 > 80\%$. Mesmo assim, percebe-se que os híbridos Zeneca 8330, Dina 766, Colorado 9560, Pioneer 30 F 80 e Agromen 3100 por apresentarem estimativas de b_0 alta $b_1 > 1$ $b_1 + b_2 = 1$ e $R^2 > 80\%$ justificaram suas recomendações para as condições favoráveis. O híbrido Zeneca 8550 atendeu também a um maior número de requisitos para recomendação dessa condição (b_0 alto, $b_1 + b_2 < 1$ e $R^2 > 80\%$).

Vale ressaltar a importância das cultivares que expressaram boa adaptação (b_0 superior à média geral) e mostraram estimativas de b_1 semelhantes à unidade, evidenciando adaptabilidade geral, destacando-se, entre elas, o híbrido Pioneer x 1318, o qual exibiu melhor rendimento médio tanto nas condições desfavoráveis, quanto favoráveis, seguido da variedade SHS 600 – EX 200.

As variedades Sintético Dentado, BRS 4150, AL Manduri, CMS 59, Asa Branca e São Francisco, apesar de mostrarem rendimentos médios inferiores em relação à média geral, apresentaram boa adaptação, em razão de expressarem produtividades médias superiores em relação à média de variedades (5.666 kg.ha⁻¹). Dentre elas, as BRS 4150 e São Francisco mostraram boa adaptação nas condições desfavoráveis ($b_1 < 1$), repetindo o bom comportamento que vêm apresentando em outros trabalhos de competição de cultivares, no Nordeste brasileiro.

Tabela 5. Produtividade média de grãos (kg.ha⁻¹) e estimativas dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade de 36 cultivares de milho em 11 ambientes da Região Meio-Norte do Brasil, no ano agrícola de 2000/2001, segundo o modelo de Cruz et al. (1989). (média geral = 5.966 kg.ha⁻¹; C.V. = 11% e D.M.S. 5% = 901 kg.ha⁻¹).

Cultivares	Médias nos ambientes			b ₁	b ₂	b ₁ + b ₂	R ² (%)
	Geral	Desfavorável	Favorável				
Pioneer X 1318 ¹	7224,00	5940,00	8293,00	1,04 ns	0,33 ns	1,38 ns	87,00
Zeneca 8330 ²	6895,00	5470,00	8082,00	1,21*	-0,25 ns	0,96 ns	94,00
Dina 766 ¹	6850,00	4929,00	8451,00	1,41**	-0,67 ns	0,74 ns	88,00
Colorado 9560 ¹	6846,00	5367,00	8078,00	1,24**	-0,48 ns	0,77 ns	93,00
SHS 600-EX 200 ⁴	6596,00	5495,00	7513,00	1,03 ns	-0,15 ns	0,88 ns	84,00
HT 9 ²	6526,00	5363,00	7496,00	1,02 ns	-0,64 ns	0,37 ns	87,00
Pioneer 30 F 80 ¹	6508,00	4777,00	7961,00	1,31**	-0,53 ns	0,78 ns	90,00
Zeneca 8550 ²	6507,00	5059,00	7714,00	1,17 ns	1,19**	2,36**	97,00
AL 25 ⁴	6419,00	5182,00	7449,00	1,02 ns	1,77 ns	1,80 ns	93,00
SHS 4040 ³	6396,00	5061,00	7509,00	1,06 ns	-1,03*	0,03*	93,00
Agromen 3100 ²	6387,00	4751,00	7751,00	1,36**	-0,19 ns	1,17 ns	95,00
AL Bandeirantes ⁴	6327,00	4968,00	7459,00	1,12 ns	0,13 ns	1,26 ns	95,00
HT 10 ²	6302,00	5070,00	7328,00	1,07 ns	-0,51 ns	0,56 ns	93,00
AL 34 ⁴	6285,00	4992,00	7362,00	1,00 ns	0,09 ns	1,09 ns	87,00
Pioneer 30 F 88 ¹	6271,00	4963,00	7361,00	1,07 ns	-0,25 ns	0,81 ns	92,00
AL 30 ⁴	6240,00	4798,00	7439,00	1,13 ns	-0,29 ns	0,84 ns	89,00
Sertanejo ⁴	6229,00	5168,00	7114,00	0,81*	0,21 ns	1,02 ns	84,00
Agromen 2003 ³	6083,00	4876,00	7088,00	0,96 ns	-0,09 ns	0,86 ns	90,00
São Vicente ⁴	6009,00	4658,00	7085,00	1,11 ns	0,18 ns	1,29 ns	91,00
Sintético Dentado ⁴	5887,00	4576,00	6978,00	1,06 ns	-0,70 ns	0,36 ns	95,00
BRS 4150 ⁴	5864,00	4903,00	6663,00	1,78*	0,51 ns	1,28 ns	86,00
AL Manduri ⁴	5821,00	4555,00	6877,00	1,02 ns	-0,43 ns	0,60 ns	92,00
CMS 59 ⁴	5758,00	4482,00	6820,00	1,05 ns	0,14 ns	1,20 ns	91,00
Asa Branca ⁴	5756,00	4513,00	6791,00	0,95 ns	-0,83*	0,12 ns	80,00
São Francisco ⁴	5727,00	4740,00	6548,00	0,68**	-0,16 ns	0,52 ns	80,00
BR 106 ⁴	5545,00	4476,00	6435,00	0,92 ns	1,30**	2,23**	92,00
Bozm Amarelo ⁴	5529,00	4240,00	6603,00	1,03 ns	0,89*	1,92*	95,00
Cruzeta ⁴	5455,00	4251,00	6458,00	0,98 ns	0,02 ns	1,01 ns	96,00
Sintético Duro ⁴	5429,00	4505,00	6200,00	0,82*	-0,25 ns	0,56 ns	87,00
Assum Preto ¹	5381,00	4350,00	6240,00	0,88 ns	0,15 ns	1,03 ns	85,00
CMS 453 ⁴	5294,00	4533,00	5929,00	0,61**	-0,08 ns	0,54 ns	80,00
Saracura ⁴	5273,00	4016,00	6369,00	1,06 ns	0,70 ns	1,76 ns	98,00
BR 473 ⁴	5169,00	4306,00	5887,00	0,76**	0,66 ns	1,43 ns	85,00
CMS 35 ⁴	4882,00	3926,00	5683,00	0,71**	1,18**	1,90*	74,00
Guape 209 ⁴	4765,00	3772,00	5591,00	0,84 ns	0,09 ns	0,93 ns	71,00
CMS 47 ⁴	4342,00	3596,00	4962,00	0,59**	-1,02*	-0,43**	73,00

* e **Significativamente diferente da unidade, para b₁ e b₁ + b₂ e de zero, para b₂, a 1% e 5% de probabilidade, pelo teste t de Student, respectivamente.

¹Híbrido simples, ² híbrido triplo, ³ híbrido duplo e ⁴ variedade.

Conclusões

1. Os híbridos constituem excelente alternativa para a Região Meio-Norte do Brasil, especialmente, para os sistemas de produção melhor tecnificados.
2. As variedades SHS 600 – EX 200, AL 25, AL Bandeirantes, AL 34, AL 30, Sertanejo e São Vicente podem melhorar substancialmente os sistemas de produção dos pequenos e médios produtores rurais.
3. As cultivares avaliadas, à exceção das CMS 35, Guape 209 e CMS 47, mostraram boa estabilidade de produção nos ambientes considerados.

Literatura Citada

- ARIAS, E. R. A. 1996. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho no Estado do Mato Grosso do Sul e avanço genético obtido no período de 1986/87 a 1993/94. Tese de Doutorado. Lavras, ESAL. 118p.
- CARDOSO, M. J. et al. 2000 a. Estabilidade de cultivares de milho no Estado do Piauí. *Revista Científica Rural (Brasil)* 5(1):62-67.
- CARDOSO, M. J. et al. 2000b. Comportamento, adaptabilidade e estabilidade de híbridos de milho no Estado do Piauí no ano agrícola de 1998. *Revista Científica Rural (Brasil)* 5(1):146-153.
- CARDOSO, M. J. et al. 1997. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho no Estado do Piauí, no biênio 1993/1994. *Revista Científica Rural (Brasil)* 2(1):35-44.
- CARNEIRO, P. C. S. 1998. Novas metodologias de análise de adaptabilidade e estabilidade de comportamento. Tese de Doutorado. Lavras, ESAL. 168p.
- CARVALHO, H. W. L. de et al. 2001. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares e híbridos de milho no Nordeste brasileiro no ano agrícola de 1998. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 36(4):637-644.
- CARVALHO, H. W. L. de et al. 2000. Estabilidade de cultivares de milho em três ecossistemas do Nordeste brasileiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 35(9):1773-1781.
- CARVALHO, H. W. L. de; MAGNAVACA, R.; LEAL, M. de L. da S. 1992. Estabilidade de cultivares de milho no Estado de Sergipe. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 27(7): 1073-1082.
- CARVALHO, H. W. L. de et al. 1999a. Adaptabilidade e estabilidade de produção de cultivares de milho no Nordeste brasileiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 34(9): 1581-1591.
- CARVALHO, H. W. L. de et al. 1999b. Adaptabilidade e estabilidade de comportamento de cultivares de milho em treze ambientes do Nordeste brasileiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 34(12): 2225-2234.
- CHAVES, L. J., VENKOVSKY, R.; GERADI, I. O. 1989. Modelo não-linear aplicado ao estudo da interação de genótipos x ambientes em milho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 24(2): 259-268.
- CRUZ, C. D.; TORRES, R. A. de; VENCOVSKY, R. 1989. An alternative approach to the stability analysis by Silva and Barreto. *Revista Brasileira de Genética* 12: 567-580.
- EMBRAPA MEIO-NORTE . 2000. II Plano Diretor da Embrapa Meio-Norte 2000-2003. Teresina, 35p.
- GAMA, E. E. G. et al. 2000. Estabilidade de produção de germoplasma de milho avaliado em diferentes regiões do Brasil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 36(6):1143-1149.
- LEMONS, M. A. 1976. Variabilidade fenotípica em híbridos simples, variedades e compostos de milho. Dissertação de Mestrado. Piracicaba, ESALQ. 62p.
- MARIOTTI, I. A. et al. 1976. Analisis de estabilidad y adaptabilidad de genotipos de caña de azucar. I. Interacciones dentro de una localid experimental. *Revista Agronomica del Nordeste Argentino* 13(14): 105-127.
- NASPOLINI FILHO, W. 1976. Variabilidade fenotípica e estabilidade em híbridos simples, variedades e compostos de milho. Dissertação de Mestrado. Piracicaba, ESALQ. 68p.
- OLIVEIRA, A. C. 1976. Comparação de alguns métodos de determinação de estabilidade em plantas cultivadas. Dissertação de Mestrado. Brasília, UNB. 164p.
- PACHECO, C. A. P. 1987. Avaliação de progênies de meios-irmãos na população de milho CMS-39 em diferentes condições de ambientes: 2º ciclo de seleção. Dissertação de Mestrado. Lavras, ESAL. 100p.
- PATERNIANI, R. 1965. Seleção recorrente para capacidade geral de combinação em milhos da América Central. *Ciência e Cultura (Brasil)* 17: 555-559.
- PIMENTEL-GOMES, F. 1990. Curso de estatística experimental. Piracicaba, Nobel. 467p.
- RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B. dos; ZIMMERMANN, M. J. de O. 1993. Genética quan-

- titativa 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, 1999, Sete Lagoas. Memórias. Sete Lagoas, Embrapa Milho e Sorgo/CIMMYT. pp. 251-260.
- RUSCHEL, R. 1968. Interação genótipo x localidade na região Centro-Sul em milho (*Zea mays* L.). Dissertação de Mestrado. Piracicaba, ESALQ. 60p.
- RUSCHEL, R.; PENTEADO, F. 1970. Análise dos componentes da variância de duas classes de cultivares de milho e estimativas do progresso genético médio em ensaios de produção. Pesquisa Agropecuária Brasileira 5(3): 381-388.
- 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.



EFEITOS DA ADUBAÇÃO NPK E DA CALAGEM NA FERTILIDADE DO SOLO E NA PRODUÇÃO DA SERINGUEIRA NO ESTADO DE SÃO PAULO*

*Extraído da tese apresentada à Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ/USP) pelo primeiro autor para obtenção do título de Doutor em Agronomia na área de concentração Fitotecnia

Adonias de Castro Virgens Filho¹, Adônis Moreira² e Paulo Roberto de Camargo e Castro³

¹ CEPLAC/ Centro de Pesquisa do Cacau (CEPEC), 45600-970, Caixa Postal 07, Itabuna, Bahia, Brasil, e-mail: adoniascastro@uol.com.br. ² Embrapa Amazônia Ocidental (CPAA), 69011-970, Caixa Postal 319, Manaus, Amazonas, Brasil, e-mail: adonis@cmaa.embrapa.br. Bolsista CNPq. ³ ESALQ/USP, 13418-900, Caixa Postal 96, Piracicaba, São Paulo, Brasil, e-mail: pccast@esalq.usp.br

O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos da adubação NPK e da calagem sobre a fertilidade do solo e produção de borracha seca do clone RRIM 600. Foi conduzido um experimento em delineamento de blocos casualizados com parcelas subdivididas, contendo oito tratamentos: sem adubação e sem calagem (T1), sem adubação+calagem (T2), $N_1P_1K_0$ +calagem (T3), $N_2P_2K_0$ +calagem (T4), $N_1P_1K_1$ +calagem (T5), $N_2P_2K_1$ +calagem (T6), $N_1P_1K_2$ +calagem (T7) e $N_2P_2K_2$ +calagem (T8). Nas duas subparcelas foram utilizados os seguintes sistemas de exploração: (S_1) $\frac{1}{2}S$ d/4 6 d/7 ET 2,5% LaPa 1/1 10/y e (S_2) $\frac{1}{2}S$ d/7 6 d/7 ET 5,0% LaPa 1/1 10/y, com quatro repetições. As doses utilizadas corresponderam a 0, 40 e 80 kg. ha⁻¹ ano⁻¹ de N, 0, 17,5 e 35,0 kg. ha⁻¹ ano⁻¹ de P_2O_5 e 0, 33,2 e 66,4 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de K_2O . Os resultados mostram que seringais cultivados sem realização da calagem e adubação têm o seu potencial produtivo limitado pela baixa fertilidade do solo. O aumento das doses de K_2O reduz a concentração de magnésio no solo, o que pode ser compensado pela calagem. A maior produção de borracha foi obtida nos tratamentos $N_1P_1K_1$ +calagem, $N_2P_2K_1$ +calagem e $N_2P_2K_2$ +calagem. O sistema de exploração S_2 mostrou ser mais eficiente que o S_1 .

Palavras-chave: *Hevea brasiliensis*, sistema de exploração, manejo do solo, adubação.

Effect of lime and NPK fertilization on soil fertility and rubber production in São Paulo State, Brazil. The objective of this work was evaluated the effects of NPK application on soil fertility and dry matter rubber production of clone RRIM 600. The experiment was conducted in a design randomized split-plot with eight treatments: without fertilizer and without lime (T1), without fertilizer+lime (T2), $N_1P_1K_0$ +lime (T3), $N_2P_2K_0$ +lime (T4), $N_1P_1K_1$ +lime (T5), $N_2P_2K_1$ +lime (T6), $N_1P_1K_2$ +lime (T7) e $N_2P_2K_2$ +lime (T8). The two sub-treatments were the following tapping systems: (S_1) $\frac{1}{2}S$ d/4 6 d/7 ET 2,5% LaPa 1/1 10/y and (S_2) $\frac{1}{2}S$ d/7 6 d/7 ET 5,0% LaPa 1/1 10/y, with four replicates. The level used were 0, 40 and 80 kg. ha⁻¹ y⁻¹ of N, 0, 17.5 and 35.0 kg. ha⁻¹ y⁻¹ of P_2O_5 and 0, 33.2 and 66.4 kg ha⁻¹ y⁻¹ of K_2O . The results showed that low soil fertility reduced the yield potential of rubber tree in several ways. The increased K_2O dosage promoted a reduction of magnesium, which can be compensated by lime application. The highest rubber yields were obtained with treatments $N_1P_1K_1$ +lime, $N_2P_2K_1$ +lime and $N_2P_2K_2$ +lime. The S_2 tapping system is better than S_1 tapping system.

Key words: *Hevea brasiliensis*, tapping system, soil management, fertilization.

Introdução

No seringal as raízes exploram os nutrientes do solo utilizando-os na formação de fitomassa e os retorna através da queda das folhas e ramos formando uma densa camada de serapilheira. As chuvas e aplicação de fertilizantes constituem outras fontes para reposição dos nutrientes. Ainda nesse ecossistema, verificam-se perdas devido à extração do látex, corte da madeira e lixiviação dos nutrientes presentes na superfície do solo (Watson, 1989).

Na exploração de uma cultura, o emprego de práticas de manejo que não levam em conta as particularidades dos solos, da cultura e do ambiente, freqüentemente, limitam a obtenção de bons resultados (Raij, 1991). Nos estudos realizados no País, poucas vezes houve preocupação dos autores em quantificar com precisão, as conseqüências das adubações e da calagem na fertilidade do solo cultivado com seringueira. A maioria dos trabalhos dedicam maiores esforços em constatar os efeitos dos fertilizantes somente no crescimento e na produtividade (Bataglia e Santos, 1999).

Murbach et al. (1999) relata que a literatura sobre a adubação seringais em produção ainda é limitada e muitas vezes a resposta à aplicação de fertilizantes é inconsistente, particularmente para alguns nutrientes, em especial o nitrogênio, o fósforo e o potássio. Nessa fase a seringueira tem duas fontes de dreno dos nutrientes, uma para suprir o desenvolvimento da planta e a outra a extração do látex.

A prática da calagem, mesmo sendo uma polêmica no manejo nutricional do seringal, o seu emprego torna-se necessário em muitos casos. Schwengber (1993) observou que o calcário aplicado juntamente com o gesso em plantas de seringueira aumentou os níveis de cálcio até 80 cm de profundidade e os de magnésio até 60 cm.

Na ausência de K, a adubação com N reduz o conteúdo de potássio na folha e diminui o crescimento e a produção da seringueira, assim como a aplicação de K na ausência de nitrogênio melhora o crescimento, mas reduz a produção, porém, com aplicação desses dois nutrientes se observa efeitos interativos que são associados às funções dos mesmos na planta (Pushparajah, 1969). O potássio não faz parte de compostos orgânicos estáveis, mas desempenha papel importante no metabolismo da planta. O nitrogênio participa como constituinte de todas as proteínas, e, portanto, sendo exigido em grande quantidade. A adubação nitrogenada resulta em crescimento dos tecidos e na conversão de carboidratos assimilados em proteínas e protoplasmas (Schorrock, 1979), sendo, portanto, necessário o suprimento de K.

Segundo Ushorwood (1982), a maior presença de P

acarreta numa maior interação com o K possibilitando maior produtividade. O mesmo autor salienta que o potássio ao interagir com o fósforo no solo promove a lixiviação de quantidades significativas deste nutriente para o horizonte sub-superficial e como conseqüência uma melhoria no ambiente radicular.

Na região do Planalto Paulista concentra-se a maioria das plantações de seringueira do Estado de São Paulo e há carência de informações sobre calagem e adubação de seringais em produção (Virgens Filho et al., 2001), em decorrência desses problemas, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da calagem e da adubação NPK sobre a fertilidade do solo e produção de borracha em dois sistemas de exploração.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido durante três anos na Fazenda São José do Seringal Paulista, localizada no Município de Buritama, Estado de São Paulo (latitude de 21°S e longitude de 50°O), quando as plantas apresentavam 16 anos de idade e um perímetro médio de 0,60 metros à altura de 1,50 metros do solo (DAP). O espaçamento do seringal é de 2,5 metros entre plantas e 8,0 metros entre linhas.

O clima é quente de inverno seco, caracterizado como Cwa de acordo com a classificação de Köppen (Setzer, 1946). A precipitação pluviométrica média corresponde a 1200 mm, com média mensal mínima de 30 mm no inverno, umidade relativa média de 68% e temperatura média anual de 22°C (Nascimento e Pereira, 1988). Essa região é caracterizada como preferencial para heveicultura, com condições térmicas e hídricas satisfatórias (Ortolani et al., 1983). O solo sob o seringal estudado é um Argissolo distrófico, textura média e boa drenagem, apresentando as seguintes características químicas na profundidade de 0-20 cm quando o experimento foi implantado: pH = 3,78; M.O. 12,44 g. dm^{-3} ; P(resina) = 1,14 $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$; K = 0,78 $\text{mmol}_c \cdot \text{dm}^{-3}$; Ca = 2,00 $\text{mmol}_c \cdot \text{dm}^{-3}$; Mg = 1,98 $\text{mmol}_c \cdot \text{dm}^{-3}$; Al = 10,77 $\text{mmol}_c \cdot \text{dm}^{-3}$; H+Al = 29,77 $\text{mmol}_c \cdot \text{dm}^{-3}$; SB = 4,75 $\text{mmol}_c \cdot \text{dm}^{-3}$; CTC = 34,53 $\text{mmol}_c \cdot \text{dm}^{-3}$ e V = 13,73%. As adubações do seringal até o início do experimento eram feitas conforme recomendações indicadas por Cardoso (1992).

O material botânico utilizado foi o clone RRIM 600, enxertado sobre sementes ilegítimas de *Hevea brasiliensis*. Na condução do experimento, fez-se o controle preventivo das doenças de painel (Furtado e Silveira, 1990) e a quebra de galhos caídos nas entrelinhas, a fim de facilitar a sua incorporação no solo. No controle

das plantas invasoras, fez-se a roçagem mecânica por ano, sendo pouca a ocorrência de ervas no sub-bosque do seringal.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com parcelas subdivididas em oito tratamentos principais e dois secundários com quatro repetições. Cada parcela continha 24 plantas úteis, enquanto que na subparcelas foram 12. Os tratamentos principais foram: sem adubação e sem calagem (T1), sem adubação+calagem (T2), $N_1P_1K_0$ +calagem (T3), $N_2P_2K_0$ +calagem (T4), $N_1P_1K_1$ +calagem (T5), $N_2P_2K_1$ +calagem (T6), $N_1P_1K_2$ +calagem (T7) e $N_2P_2K_2$ +calagem (T8). As doses utilizadas corresponderam a 0, 40 e 80 kg. ha⁻¹ ano⁻¹ de N, 0, 17,5 e 35,0 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de P₂O₅ e 0, 33,2 e 66,4 kg. ha⁻¹ ano⁻¹ de K₂O. Na calagem, realizada a lanço em área total, adotou-se como critério a elevação da saturação por bases a 50% (Cardoso, 1992) utilizando calcário dolomítico (24% de CaO e 16% de MgO). Nas duas subparcelas foram utilizados dois sistemas de exploração, sendo os mesmos representados pelas seguintes notações: (S₁) ½S d/4 6 d/7 ET 2,5% LaPa 1/1 10/y e (S₂) ½S d/7 6 d/7 ET 5,0% LaPa 1/1 10/y. A exploração foi conduzida no painel BO-2, à altura de 0,90 m do solo e a sangria foi realizada conforme normas preconizadas por Virgens Filho (1986).

A utilização da análise de contraste permitiu avaliar o efeito da calagem, da adubação NPK, NP e K e da interação NP versus K. Esse mesmo procedimento foi usado para avaliar os sistemas de exploração e suas interações com todos os tratamentos. A adubação fosfatada (superfosfato simples) foi realizada no decorrer do período chuvoso de 1995, e no início das chuvas nos anos de 1996 e 1997. O adubo fosfatado foi distribuído em sulcos de 15 cm de profundidade, abertos lateralmente às linhas de plantio no sentido da projeção da copa no primeiro ano, e a lanço, afastado um metro da linha da seringueira, e dirigido ao retângulo correspondente à área útil nos demais anos. Como fontes de N e K, foram utilizadas, respectivamente, o sulfato de amônio e o cloreto de potássio, sendo os mesmos misturados e aplicados a lanço no retângulo correspondente à área útil de cada planta, sendo a metade aplicada no mesmo período da adubação fosfatada e a outra após quatro meses.

No início do experimento e nos meses de maio subseqüentes foram feitas amostragens de solo para avaliação da fertilidade. Para tanto foram avaliadas as seguintes variáveis: pH em CaCl₂ 0,01 mol L⁻¹, P, K, Ca, Mg, H+Al, SB, m, CTC e V (Raij et al., 1987). As amostras simples foram coletadas nas profundidades de 0-10 cm e 11-20 cm ao acaso em 15 pontos por subparcela formando uma composta. No final do experimento realizou-se também, amostragens na

profundidade de 21-40 cm, com objetivo de avaliar a possível lixiviação dos nutrientes.

Os dados foram analisados estatisticamente (análise de variância, teste F, contraste e regressão) com significância de 5%, conforme as metodologias descritas por Pimentel Gomes (1990).

Resultados e Discussão

Os dados relativos às características do solo, registrados de forma mais detalhada antes da aplicação dos tratamentos, mostraram acidez elevada (Raij, 1991), apresentando na média, valores de soma e saturação por bases na ordem de 4,5 mmol_c.dm⁻³ e 13%, respectivamente. Nas duas camadas a saturação de alumínio era superior a 30%, estando esse, relacionado ao alto teor de alumínio e ao baixo valor de pH do solo.

Foram feitas após quinze meses do início do experimento, novas amostragens do solo. A análise de variância na profundidade de 0-10 cm demonstrou efeito significativo na interação “adubação” versus “sistema de exploração” para saturação por bases e para o magnésio no contraste “com calagem” versus “sem calagem e adubação” (Tabelas 1 e 2). Na profundidade de 11-20 cm, observou-se diminuição da concentração de potássio no solo, sendo esse resultado, provavelmente, atribuído à maior presença de Ca e Mg no complexo de troca e da prevalência desses dois elementos na série liotrópica (Malavolta et al., 1997). Também houve efeito sobre o sistema de exploração S₁ (½S d/4 6 d/7 ET 2,5% LaPa 1/1 10y), diminuindo a concentração de magnésio no solo, provavelmente, devido à maior demanda do nutriente nesse tipo sistema de sangria (Tabela 2).

Na presença de N₂P₂ na camada de 0-10 cm, doses de potássio promoveram após quinze meses de instalação do experimento, efeito quadrático significativo (p ≤ 0,05) sobre a concentração de magnésio (Mg = 1,752 + 0,042X - 0,001X², R² = 0,99). Na profundidade de 11-20 cm a significância no contraste “N₀P₀K₀ + calagem” versus “NPK + calagem” mostrou mmol_c.dm⁻³ a necessidade de adição de fósforo no solo para aumentar a concentração desse elemento (Tabela 2).

O manejo com calagem e adubação promoveu no segundo ano, alterações significativas nas características químicas do solo, sendo isso, evidenciado com maior ênfase no aumento da concentração de magnésio no horizonte superficial do solo, aumentando a concentração de 2,0 para 4,0 mmol_c.dm⁻³, valores esses, abaixo do preconizado por Raij (1991) como adequado. Apesar da redução na profundidade de 0-10 cm dos valores de saturação de alumínio, foram constatadas alterações nos

valores de pH e de saturação por bases, havendo, no entanto, um aumento, porém, não significativo da soma de bases (Tabelas 1 e 2). Mesmo com a aplicação de fósforo e potássio, na média, as concentrações desses dois nutrientes se mantiveram abaixo dos valores indicados como adequados (Raij, 1991).

Os dados de análise do solo realizada no terceiro ano na profundidade de 0-10 cm (Tabelas 3 e 4), não mostraram diferenças significativas entre tratamentos para o pH, para os teores de P, K, Mg, Al e H disponíveis, para soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions (CTC), saturação de alumínio (m) e saturação por bases (V). Os tratamentos com calagem e adubação NPK afetaram significativamente a concentração de fósforo do solo, corroborando os argumentos de Moreira et al. (2001), que com o incremento do pH do solo ocorre uma maior disponibilização de P pelo processo de dessorção. Na presença de N_1P_1 os níveis de potássio aumentaram significativamente o índice pH, que passou de 4,2 em K_0 para 5,2 em K_2 . O incremento das doses de K nos tratamentos N_2P_2 acarretaram num aumento significativo ($p \leq 0,05$) do teor de P disponível ($Y = 8,348$

+ 0,153X, $R^2 = 0,94$) e de K ($Y = 0,802 + 0,005X$, $R^2 = 0,96$), sugerindo a presença de interação entre o fósforo e o potássio no solo.

O aumento das doses de K acarretaram em efeito depressivo na concentração de Mg ($Y = 13,997 + 0,083X$, $R^2 = 0,95$ - $p \leq 0,05$), resultado da inibição competitiva entre esses dois elementos (Malavolta et al., 1997). Nos tratamentos que receberam calagem, a relação Ca+Mg/K ficou, na média dos tratamentos, em 15,6/1, enquanto que a ausência de fertilizantes e corretivos apresentou a relação 6,3/1. Os tratamentos " $N_1P_1K_2$ + calagem" e " $N_2P_2K_2$ + calagem" apresentaram as relações de 11,4/1 e 10,4/1, respectivamente, sendo esses valores próximos da relação 13,3/1 reportada por Usherwood (1982), como recomendável para um bom equilíbrio entre esses cátions. Entretanto, mesmo que apresente uma boa relação, a utilização do calcário com baixo teor de Mg, pode provocar um desequilíbrio nutricional, o que acarreta em efeito deletério sobre a regeneração da casca (Moraes e Moraes, 1997).

Na profundidade de 11-20 cm houve efeito significativo entre tratamentos, na aplicação do contraste

Tabela 1. Características químicas do solo após quinze meses de instalação do experimento.

	pH	MO	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	CTC ¹	m ¹	V ¹
	CaCl ₂	g .dm ⁻³	mg.dm ⁻³	_____	_____	mmol _c dm ⁻³	_____	_____	_____	_____	%
0-10 cm de profundidade											
$N_0P_0K_0$	3,78	19,50	3,62	0,96	2,37	2,25	6,87	14,62	20,22	55,18	2,76
$N_0P_0K_0+C$	3,86	18,20	3,87	0,80	2,25	3,62	5,62	13,06	19,73	45,73	33,81
$N_1P_1K_0+C$	3,82	19,00	5,12	0,80	1,87	4,00	6,62	9,18	15,85	49,81	42,08
$N_2P_2K_0+C$	3,85	19,50	3,75	0,82	1,87	3,75	6,12	11,69	18,13	48,73	35,52
$N_1P_1K_1+C$	3,87	18,70	4,12	1,02	2,00	3,75	5,87	11,12	17,89	46,44	37,34
$N_2P_2K_1+C$	3,77	19,10	4,00	1,00	2,62	4,25	7,25	12,37	20,24	47,99	43,99
$N_1P_1K_2+C$	3,78	19,70	3,12	1,10	2,62	3,50	7,25	16,08	23,30	50,10	40,61
$N_2P_2K_2+C$	3,68	19,30	2,50	0,87	1,62	3,87	7,75	14,49	20,85	54,93	27,29
S_1	3,40	18,70	3,65	0,92	2,15	3,59	6,75	13,49	20,15	50,33	33,05
S_2	3,40	19,50	3,87	0,91	2,15	3,65	6,59	12,52	19,23	49,55	34,89
11-20 cm de profundidade											
$N_0P_0K_0$	3,67	16,75	2,12	0,72	3,37	1,87	8,87	52,62	58,58	59,81	10,17
$N_0P_0K_0+C$	3,70	16,50	1,25	0,65	3,62	2,37	8,25	53,00	59,64	55,41	11,43
$N_1P_1K_0+C$	3,62	16,37	1,75	0,70	2,37	1,87	8,87	54,31	54,31	64,23	9,10
$N_2P_2K_0+C$	3,56	16,00	1,75	0,66	2,50	1,75	10,10	60,88	60,88	57,29	8,06
$N_1P_1K_1+C$	3,60	16,50	1,75	0,92	2,25	2,00	9,12	57,41	57,41	63,82	9,01
$N_2P_2K_1+C$	3,63	17,37	2,25	0,85	3,50	2,62	9,12	59,46	59,46	56,68	11,72
$N_1P_1K_2+C$	3,56	16,75	1,75	1,01	2,50	2,00	9,75	62,76	62,76	63,89	8,78
$N_2P_2K_2+C$	3,53	16,12	2,00	0,83	2,75	1,87	9,87	61,32	61,32	64,42	8,89
S_1	3,59	16,18	1,81	0,87	2,78	1,90	9,46	59,22	59,22	63,02	9,37
S_2	3,63	16,90	1,84	0,95	2,93	2,18	9,03	59,59	59,59	59,84	10,17

CTC¹ = capacidade de troca de cátions, m = saturação de alumínio e V = saturação por bases. $S_1 = \frac{1}{2}S$ d/4 6 d/7 ET 2,5% LaPa 1/1 10/y e $S_2 = \frac{1}{2}S$ d/7 6 d/7 ET 5,0% LaPa 1/1 10/y.

Tabela 2. Valores do teste F da análise de variância e de contrastes entre tratamentos para algumas características químicas do solo nas camadas de 0-10 cm e 11-20 cm que apresentaram significância após 15 meses do início do experimento*.

Causas da variação	P	K	Mg	V ¹	m ¹	P	K	Mg	V ¹	m ¹
	0-10cm					11-20cm				
Adubação	1,17	0,68	0,74	0,27	0,21	1,39	0,98	1,31	0,88	2,40*
Com vs Sem calagem	0,78	0,69	0,03	0,05	0,26	5,68*	4,40*	1,83	0,10	0,31
Com vs Sem calagem/adubação	0,05	0,09	4,41*	1,65	0,50	1,49	4,46*	0,50	0,70	0,27
N ₀ P ₀ K ₀ +C vs NPK+C	0,02	0,84	0,09	0,02	0,08	2,97	0,59	1,58	2,08	2,11
K ₀ vs K ₁ e K ₂	2,67	2,44	0,00	0,02	0,02	0,70	1,41	1,91	0,58	0,27
N ₁ P ₁ vs N ₂ P ₂ (K ₂)	1,89	0,02	0,06	0,03	0,01	0,00	0,01	0,11	0,28	0,03
K ₁ vs K ₂	3,13	0,03	0,20	0,08	0,38	0,23	0,03	2,06	0,92	0,97
N ₁ P ₁ vs N ₂ P ₂ (K ₁)	0,02	0,02	0,25	0,09	0,02	0,76	0,48	3,28	2,07	1,33
N ₁ P ₁ vs N ₂ P ₂ (K ₂)	0,39	1,32	0,14	0,00	0,01	0,01	0,36	0,20	0,41	0,08
Sistemas de exploração	0,74	0,05	0,03	0,05	0,26	0,03	1,36	4,76*	1,10	3,48
Adub. vs Sist. de exploração	0,67	0,86	1,63	3,20*	1,90	0,98	0,80	1,54	0,79	2,06
Média	3,76	0,92	3,62	35,62	49,88	1,82	0,86	2,04	8,62	54,86
CV (%)	27,03	18,60	39,31	27,90	28,46	42,33	68,00	25,17	28,20	11,13

¹m = saturação de alumínio e V = saturação por bases. * significativo a 5% pelo teste F.

Tabela 3. Características químicas do solo após vinte sete meses de instalação do experimento.

	pH	MO	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	CTC ¹	m ¹	V ¹
	CaCl ₂	g .dm ⁻³	mg.dm ⁻³	mmol _c dm ⁻³						%	
0-10 cm de profundidade											
N ₀ P ₀ K ₀	3,92	11,38	2,37	0,93	3,00	2,87	7,00	53,25	60,00	50,72	11,33
N ₀ P ₀ K ₀ +C	4,58	15,60	2,50	0,76	2,87	10,12	1,37	33,24	47,00	9,06	29,25
N ₁ P ₁ K ₀ +C	4,25	16,80	7,12	0,78	4,50	9,35	2,75	41,00	55,60	15,82	26,31
N ₂ P ₂ K ₀ +C	4,50	18,00	7,62	0,82	4,00	13,62	1,37	36,62	55,10	9,92	22,58
N ₁ P ₁ K ₁ +C	4,41	15,80	6,37	1,01	3,62	12,50	2,37	33,99	51,10	11,39	36,09
N ₂ P ₂ K ₁ +C	4,15	15,50	14,87	0,92	4,75	12,00	5,50	44,87	62,50	24,30	27,41
N ₁ P ₁ K ₂ +C	5,16	16,30	9,62	1,12	3,12	9,62	1,50	35,62	51,10	9,77	27,18
N ₂ P ₂ K ₂ +C	4,36	15,60	17,75	1,13	3,62	8,12	2,62	42,62	55,50	16,91	23,19
S ₁	4,54	16,10	8,75	0,96	3,62	10,43	2,59	40,99	56,00	14,72	26,80
S ₂	4,28	15,70	8,31	0,91	3,75	9,12	3,53	39,92	53,40	20,43	25,75
11-20 cm de profundidade											
N ₀ P ₀ K ₀	3,83	11,62	1,87	0,61	4,62	2,00	8,25	48,39	55,62	21,67	13,00
N ₀ P ₀ K ₀ +C	3,82	11,5	1,25	0,52	4,50	3,12	7,25	54,25	62,39	27,71	13,05
N ₁ P ₁ K ₀ +C	3,83	12,87	2,5	0,53	6,00	3,50	6,75	82,89	92,90	40,23	10,80
N ₂ P ₂ K ₀ +C	3,81	12,25	2,5	0,68	7,12	4,50	6,75	55,00	67,30	35,43	18,28
N ₁ P ₁ K ₁ +C	3,87	13,25	3,75	0,85	5,62	3,50	6,37	54,74	64,71	38,98	15,41
N ₂ P ₂ K ₁ +C	3,80	12,00	2,5	0,76	5,00	2,00	8,12	62,24	62,50	51,13	13,84
N ₁ P ₁ K ₂ +C	3,77	11,25	5,00	0,90	4,75	3,00	8,62	56,62	65,27	49,91	13,25
N ₂ P ₂ K ₂ +C	3,81	12,12	4,87	0,82	6,37	3,37	7,12	55,99	66,55	40,27	15,87
S ₁	3,83	11,93	3,43	0,71	5,81	3,09	7,53	55,15	64,76	43,93	14,84
S ₂	3,8	12,28	2,62	0,71	5,18	3,15	7,28	56,68	65,72	44,60	13,76

¹ CTC = capacidade de troca de cátions, m = saturação de alumínio e V = saturação por bases. S₁ = ½S d/4 6 d/7 ET 2,5% LaPa 1/1 10/y e S₂ ½S d/7 6 d/7 ET 5,0% LaPa 1/1 10/y.

“N₀P₀K₀ + calagem” versus “NPK + calagem” (Tabelas 3 e 5), Como ocorrido na camada de 0-10 cm (Tabelas 3 e 4, as doses K₁ e K₂ diminuíram a concentração de Mg quando comparado com K₀ (efeito de inibição reportado em Malavolta et al., 1997). A aplicação de calcário dolomítico aumentou a concentração de magnésio no solo, na média, em 74% em relação à testemunha (2,87 mmol_c dm⁻³). Com aumento das doses de potássio, foi verificado efeito linear positivo (p ≤ 0,05) sobre a concentração de K (Y = 0,575 + 0,006X, R² = 0,85) e na saturação de alumínio (Y = 40,063 + 0,115X, R² = 0,56).

Em valores absolutos, observou-se também, um aumento do cálcio trocável, nos tratamentos “N₁P₁K₀ + calagem” e “N₂P₂K₀ + calagem” quando comparado com os outros tratamentos com calagem e presença de potássio, havendo nesse caso, acréscimo de 18% (5,4 mmol_c. dm⁻³ para 6,6 mmol_c. dm⁻³).

Após três anos de experimento, os valores de pH nos tratamentos com K₁, na profundidade de 21- 040 cm indicaram que na dose N₁P₁, independentemente do nível de potássio, o efeito foi quadrático e significativo (pH = 3,781 + 0,010X + 0,002X², R² = 0,86 - p ≤ 0,05). Na

Tabela 4. Valores do teste F da análise de variância e de contrastes entre tratamentos para algumas características químicas do solo na camada de 0-10 cm que apresentaram significância após 27 meses do início do experimento*.

Causas da variação	pH	P	0-10cm							
			K	Ca	Mg	Al	SB ¹	CTC ¹	V ¹	m ¹
Adubação	2,05	5,55*	1,73	1,46	3,06*	6,47*	3,35*	1,54	3,79*	6,44*
Com vs Sem calagem	3,53	0,05	1,26	0,02	7,24*	23,60*	5,52*	0,02	13,00*	23,60*
Com vs Sem calagem/adubação	4,54*	8,09	0,01	1,65	15,00*	26,40*	16,20*	3,94*	22,10	31,80*
N ₀ P ₀ K ₀ +C vs NPK+C	0,17	10,40*	3,00	2,96	0,13	2,20	1,32	4,10*	0,01	0,82
K ₀ vs K ₁ e K ₂	0,43	5,69*	6,53*	0,89	0,32	1,73	0,59	0,59	0,11	1,57
N ₁ P ₁ vs N ₂ P ₂ (K ₂)	0,47	0,02*	0,06	0,38	2,49	1,41	3,61	2,03	1,95	0,38
K ₁ vs K ₂	3,46	1,75	2,18	2,02	3,14	5,25*	0,45	0,03	0,15	3,67
N ₁ P ₁ vs N ₂ P ₂ (K ₁)	0,52	6,75*	0,32	1,93	0,03	7,29*	0,83	0,05	1,34	6,04
N ₁ P ₁ vs N ₂ P ₂ (K ₂)	4,78	6,17*	0,01	0,38	0,31	0,95	0,41	0,00	0,79	0,75
Sistemas de exploração	1,84	0,10	0,48	0,10	1,19	2,12	1,38	4,67*	0,30	3,18
Adub. vs Sist. de exploração	0,80	1,53	0,79	0,58	0,99	2,41	1,32	0,73	1,32	2,32*
Média	4,40	8,50	0,90	3,70	9,80	3,10	25,90	63,20	33,80	17,30
CV (%)	17,10	65,40	28,80	43,00	49,20	84,00	48,80	17,60	34,20	89,60

¹CTC = capacidade de troca de cátions, SB = soma de bases, m = saturação de alumínio e V = saturação por bases. * significativo a 5% pelo teste F.

Tabela 5. Valores do teste F da análise de variância e de contrastes entre tratamentos para algumas características químicas do solo nas camadas de 11-20 cm e 21-40 cm que apresentaram significância após 27 meses do início do experimento*.

Causas da variação	pH	P	11-20cm			21-40cm				
			K	Mg	CTC ¹	pH	P	K	Mg	CTC ¹
Adubação	0,36	1,84	2,63	1,99	0,45	1,19	2,46*	0,91	1,12	1,64
Com vs Sem calagem	0,03	0,19	0,48	1,84	0,05	0,06	0,83	1,01	0,08	0,22
Com vs Sem calagem/adubação	0,11	1,49	1,44	4,22*	0,77	0,75	0,35	0,00	0,01	2,14
N ₀ P ₀ K ₀ +C vs NPK+C	0,01	4,32*	6,00*	0,09	0,75	0,37	4,23	2,61	0,29	5,78*
K ₀ vs K ₁ e K ₂	0,05	3,05	8,29	4,13*	0,04	0,33	7,46	1,64	5,61*	0,01
N ₁ P ₁ vs N ₂ P ₂ (K ₂)	0,13	0,00	1,42	1,46	0,62	0,41	0,09	0,01	0,00	1,67
K ₁ vs K ₂	0,78	3,21	0,40	0,56	0,27	5,07	2,96	0,51	1,87	0,01
N ₁ P ₁ vs N ₂ P ₂ (K ₁)	1,14	0,76	0,48	3,28	0,40	0,80	1,48	1,55	0,08	1,50
N ₁ P ₁ vs N ₂ P ₂ (K ₂)	0,29	0,01	0,36	0,20	0,25	0,58	0,37	0,06	0,00	0,37
Sistemas de exploração	1,32	1,47	0,00	0,04	0,45	0,01	2,83	0,83	1,20	0,19
Adub. vs Sist. de exploração	1,20	0,38	0,97	0,31	1,55	0,40	0,91	0,69	0,86	1,21
Média	3,80	3,00	0,70	3,10	57,80	3,80	1,50	0,60	2,00	32,30
CV (%)	2,90	88,40	23,50	38,50	12,50	6,00	68,00	44,90	44,90	12,10

CTC¹ = capacidade de troca de cátions. * significativo a 5% pelo teste F.

aplicação do contraste entre as médias, observou-se que os tratamentos “calagem + adubação” foram superiores ao tratamento “calagem”, bem como os níveis K_2 e K_1 superaram K_0 , na concentração de fósforo e afetaram negativamente a de magnésio no solo (Tabela 5).

Na soma dos resultados no três anos de avaliação, deduz-se que a calagem teve seus efeitos mais pronunciados no horizonte superficial elevando o pH de valores 3,7 para 5,1. Com a adubação e calagem no mesmo horizonte, a concentração de fósforo passou de $1,0 \text{ mg dm}^{-3}$ e $1,7 \text{ mg dm}^{-3}$ nos tratamentos P_2 para $15,0 \text{ mg dm}^{-3}$ e $17,0 \text{ mg dm}^{-3}$, respectivamente. Com relação ao potássio, apesar do aumento das doses, somente houve incremento na concentração desse íon no solo no segundo (21-40 cm) e terceiro ano (0-10 cm e 11-20 cm). A provável causa desse resultado é que o Ca e o Mg provenientes do calcário aplicado no início do experimento devem ter inibido a absorção de K em decorrência desses cátions competirem pelos mesmos sítios de troca (Marschner, 1995 e Malavolta et al., 1997).

A produção de borracha seca, na média dos três anos de avaliação, teve no tratamento “ $N_2P_2K_1$ +calagem” o maior ganho de produtividade, com incremento de 17,0% a testemunha (Tabela 6), porém, não diferiu estatisticamente dos tratamentos “ $N_1P_1K_1$ +calagem” e “ $N_2P_2K_2$ +calagem”. No uso de contrastes entre médias

Tabela 6. Produção de borracha seca do clone RRIM 600, incremento porcentual (Δ) da produção e rendimento de mão-de-obra (média dos três anos de avaliação)*.

	Produção kg/ha	Δ %
$N_0P_0K_0$	1518,83b	100,00
$N_0P_0K_0+C$	1595,40b	105,00
$N_1P_1K_0+C$	1519,63b	100,10
$N_2P_2K_0+C$	1563,60b	102,90
$N_1P_1K_1+C$	1644,63ab	108,30
$N_2P_2K_1+C$	1778,96a	117,10
$N_1P_1K_2+C$	1549,37b	102,00
$N_2P_2K_2+C$	1628,03ab	107,20
S_1	1640,27A	108,00
S_2	1559,33A	102,70
CV (%)	9,73	-
Número de sangrias em S_1	63,00	100,00
Número de sangrias em S_2	42,00	66,70
Borracha seca/sangrador/dia em S_1 (kg)	26,30	100,00
Borracha seca/sangrador/dia em S_2 (kg)	38,30	145,60

* Médias seguidas por letras distintas minúsculas nos tratamentos (tipo de adubação e calagem) e maiúscula nos métodos de sangria na mesma coluna diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. $S_1 = \frac{1}{2}S$ d/4 6 d/7 ET 2,5% LaPa 1/1 10/y e $S_2 = \frac{1}{2}S$ d/7 6 d/7 ET 5,0% LaPa 1/1 10/y.

para as doses de potássio ocorreu a seguinte seqüência $K_2 > K_1 > K_0$. Na dose K_1 , o tratamento contendo N_2P_2 teve maior produção que no N_1P_1 , indicando a presença de interação desses três elementos (Barber, 1995). Murbach et al. (1999) estudando a adubação de seringueiras, clone PB235, cultivado em Latossolo Vermelho Escuro distrófico, observaram que adubação potássica aumentou a produção de borracha seca, enquanto que as adubações nitrogenadas e fosfatadas não apresentaram efeito significativo.

Segundo Marschner (1995), essa interação está intimamente relacionada com a produção, haja vista que o N é constituinte da molécula de clorofila e de todas as proteínas, sendo consumida em grandes quantidades, principalmente para constituição do protoplasma celular. O potássio tem papel importante no carregamento do floema com produtos da fotossíntese, enquanto que o fósforo fornece energia nas formas de ATP (adenosina trifosfato), ADP (adenosina difosfato), UDP (uridina difosfato) e outros, para que ocorram todas as reações metabólicas.

Houve incremento de apenas 5% na produção com a utilização do sistema de exploração S_1 quando comparado com o S_2 , porém, a produção diária obtida pelo sangrador foi inferior em 31,33% no primeiro para o segundo sistema estudado (Tabela 6). Tais resultados demonstram não ser necessário diminuir o intervalo de sangria de sete para quatro dias. Contudo, a adoção do sistema d/7, tornar-se-á mais consistente se adotadas práticas de manejo mais adequadas, principalmente com o uso da adubação.

Conclusões

1. Seringueiras cultivadas em Argissolo distrófico do Estado de São Paulo, sem a realização da calagem e da adubação, tem seu potencial produtivo limitado pela acidez elevada e baixa fertilidade do solo.

2. A aplicação de calcário dolomítico e a realização da adubação fosfatada promovem alterações no complexo de troca em decorrência, principalmente, do aumento da soma de bases.

3. Nas condições estudadas, a adubação fosfatada promove incremento na produção de borracha seca do clone RIMM 600 até a dose 35 kg ha^{-1} .

4. A produção diária obtida pelo sangrador no sistema $\frac{1}{2}S$ d/7 6 d/7 ET 5,0% LaPa 1/1 10/y é cerca de 30% mais eficiente que o sistema $\frac{1}{2}S$ d/4 6 d/7 ET 2,5% LaPa 1/1 10/y.

Literatura Citada

BARBER, S.A. 1995. Nutrient bioavailability. New York, John Wiley & Sons. 414p.

- BATAGLIA, O.C.; SANTOS, W.R. 1999. Efeitos da adubação NPK na fertilidade do solo, nutrição e crescimento da seringueira. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 23(4): 881-890.
- CARDOSO, M. 1992. Seringueira. In: Raij, B. et al. Recomendação de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. Campinas, Instituto Agronômico de Campinas. Boletim Técnico, nº100. 85p.
- FURTADO, E.L.; SILVEIRA, A.P. 1990. Doenças do painel de sangria da seringueira. In: Bernardes, M.S. ed. Sangria da seringueira. Piracicaba, FEALQ. p.111-125.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. 1997. Avaliação do estado nutricional das plantas; princípios e aplicações. Piracicaba, Potafós. 319p.
- MARSCHNER, H. 1995. Mineral nutrition of highest plants. London, Academic Press. 888p.
- MORAES, V. H. F.; MORAES, L. A. C. 1997. Efeito de copas enxertadas de seringueira (*Hevea* spp.) sobre o teor de magnésio e a regeneração do látex no painel do clone Fx3899. *Revista Agrotrópica (Brasil)* 9(2): 59-66.
- MOREIRA, A. et al. 2001. Influência da cobertura vegetal nas capacidade de adsorção de fósforo em um Latossolo Vermelho Escuro distrófico. *Revista de Ciências Agrárias (Brasil)* 35 (1):61-71.
- MURBACH, M.R. 1999. Adubação NPK e produção de borracha seca pela seringueira (*Hevea brasiliensis*) *Scientia Agrícola (Brasil)* 56(1): 71-76.
- NASCIMENTO, C.M.; PEREIRA, M.A.M.G. 1988. Atlas climatológico do Estado de São Paulo (1977-1986). Campinas, Fundação Cargill. 93p.
- ORTOLANI, A.A. 1983. Aptidão agroclimática para a regionalização da heveicultura no Brasil. In: Seminário Brasileiro sobre Recomendações de Clones de Seringueira, 1, Brasília, 1982. Anais. Brasília, Embrapa. pp.17-28.
- PIMENTEL GOMES, F. 1990. Curso de estatística experimental. Piracicaba, Nobel. 468p.
- PUSHPARAJAH, E. 1969. Response in growth and yield of *Hevea brasiliensis* to fertilizer application on Rengan series soils. *Journal of the Rubber Research Institute of Malaya* 21(1): 165-172.
- RAIJ, B. 1991. Fertilidade do solo e adubação. São Paulo, Agronômica Ceres. 343p.
- RAIJ, B. et al. 1987. Análise química do solo para fins de fertilidade. Campinas, Fundação Cargill. 170p.
- SCHWENGBER, D.R. 1993. Efeitos do gesso e calcário na relação raiz/parte aérea e teores foliares de nutrientes em tocos de seringueira (*Hevea* spp., clone IAN 873). Dissertação de Mestrado. Lavras, Universidade Federal de Lavras. 126p.
- SETZER, J. 1946. Contribuição para o estudo do clima do Estado de São Paulo. São Paulo, Escolas Profissionais Salesianas. 239p.
- SHORROCKS, V.M. 1979. Deficiências minerais em *Hevea* e em plantas de cobertura associadas. Brasília, SUDHEVEA. 76p.
- TISDALE, S.L.; NELSON, W.L.; BEATON, J.D. 1985. Soil fertility and fertilizer. New York, Macmillan Publishing Co. 754p.
- USHERWOOD, N.R. Interação do potássio com outros íons. In: Yamada, T.; Igue, K., Muzilli, O.; Usherwood, N.R. O potássio na agricultura. Piracicaba, Potafós. p.227-247.
- VIRGENS FILHO, A.C.; CASTRO, P.R.C. 1986. Sangria da seringueira (*Hevea* spp.) In: Simpósio Sobre a Cultura da Seringueira. 1., Piracicaba, 1986. Anais. Campinas, Fundação Cargill. p.271-315.
- VIRGENS FILHO, A.C.; MOREIRA, A.; CASTRO, P.R.C. 2001. Efeito da calagem e adubação da seringueira no estado nutricional e produção de borracha seca. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 36(8): 1019-1026.
- WATSON, G.A. 1989. Nutrition. In: Webster, C.C.; Baulkwill, W.J. (Ed.) *Hevea*. New York, Longman. pp.125-163.



ROLE OF AN ANTIOXIDANT ON NET PHOTOSYNTHETIC RATE, CARBON PARTITIONING AND OIL ACCUMULATION IN SWEET MINT

A. Misra, N. K. Srivastava and S. Sharma

Central Institute of Medicinal and Aromatic Plants, Lucknow 226015, India

Antioxidant compound and element play an important role in growth and physiology of the plant in sustaining the agro ecosystem. Changes in growth, CO₂ exchange rate, and distribution of photosynthetically fixed ¹⁴C into primary photosynthetic metabolite pools (sugar, amino acids and organic acids) and essential oil accumulation were affected in the peppermint (Sweet mint) in the developing peppermint. There was a significant decrease in ¹⁴C incorporation in total ethanol soluble and ethanol insoluble fraction in an antioxidant culture peppermint plant. Positive significant association between antioxidant element in ¹⁴C incorporation into ethanol soluble fraction with ¹⁴C incorporation into amino acids and organic acids showed the sugar content significantly influenced essential oil accumulation in depletion of on antioxidant cultured plants.

Key words: Agroecosystem, essential oil, ¹⁴C incorporation, organic acids.

Papel de um antioxidante na taxa fotossintética líquida, partição do carbono e acumulação de óleo na menta doce. Os antioxidantes compostos e elementares desempenham um papel importante no crescimento e na fisiologia vegetal sustentando o agrossistema. As mudanças no crescimento e nas taxas de troca de CO₂ e na distribuição de ¹⁴C fixado fotossinteticamente em “pools” de metabólitos primários fotossintético (açúcar, aminoácidos e ácidos orgânicos) e acumulação de óleos essenciais foram afetados na menta doce em desenvolvimento. Houve um decréscimo significativo na incorporação de ¹⁴C nas frações totais solúveis em álcool e insolúveis em álcool em uma cultura de menta com antioxidante. Associação significativa positiva entre o elemento antioxidante na incorporação de ¹⁴C na fração solúvel em etanol com a incorporação de ¹⁴C em aminoácidos e ácidos orgânicos, mostrou que o conteúdo de açúcar influenciou significativamente na acumulação de óleos essenciais e na depressão de um antioxidante em plantas cultivadas.

Palavras-chave: Agrossistema, ácido orgânico, incorporação do ¹⁴C, óleo essencial.

Introduction

Antioxidant compounds/elements viz. Beta carotene, vitamin C and E, Cr, Zn and Se play an important role in growth and physiology of the plant plays an important role as range to five radicals. Deficiencies of world wide important antioxidant Zn is a common in sustaining the agriculture for the agro ecosystem (Welch et al.1991; Takkare and Walker,1993; White and Zasorki, 1999). Consequently, severe depressions in plant growth and yield have been reported (Grahan, Ascher and Hynes, 1992; Chakmak et al. 1996; Cakmak and Engels 1999; Misra, 1992) because Zn is an essential antioxidant and essential micronutrient that acts either as a metal component of various enzymes or as a functional structural or regulatory cofactor and protein synthesis and is thus associated with various physiological processes which affects the growth of the plant and animals to active a better agri-ecosystem. Several physiological processes are impaired in plants suffering from Zn deficiency. Zn plays a fundamental role in several critical cellular functions such as protein metabolism, gene expression, structural and functional integrity of biomembranes photosynthetic carbon metabolism and IAA metabolism (Marschner, 1986). Zn exists in biological systems in high concentrations (10^{-3} M) in biomembrane cystine (Williams, 1988), histidin and aspartate or glutamate which are major cellular ligands of Zn that form tetrahedral coordinations (Vallee and Falchuk, 1993). These ligands especially cystine and histidine, bind to Zn with a greater affinity and with more stability than to Fe (Berg and Shi, 1996). Thus free radicals formation via reactions between Fe and cystine and histidine residues, is blocked in the presence of adequate Zn (Bray and Bettger, 1990). Therefore an increase in the level of reactive O_2 species and decrease in an antioxidant for the detoxification mechanisms. This antioxidant Zn is required for detoxification of reactive O_2 species including O_2^- (super oxide free radical) and H_2O_2 . Antioxidant Zn role is in the activation and expression of genes and its involvement in oxidative stressed induced expression of genes far encoding the antioxidative defence enzymes such as H_2O_2 seasoning ascorbate peroxidase and glutathione reductase (Alscher, Donahke and Cramer, 1997) and in photosynthetic enzymes carbonic anhydrase (Ohki, 1978), ribulose 1, 5 bisphosphate carboxylase/oxygenase (Marschner, 1986). Low amount of Zn in plants cells may enhance production of O_2^- during photosynthetic electron transport chain and induces O_2^- generating membrane bound NADPH oxidase. Overall the role played by Zn antioxidant is in generation and detoxification of reactive

O_2 species and in the protection and maintenance of cellular integrity in plants (Cakmak and Engels, 1999).

Among the sustainability of agriculture and its necessity in balancing the agri-ecosystem especially the secondary plant products in the form of monoterpenes are in great demand for medicines, cosmetics and toileteries in these important lines the important one are Sweet mint plant (*Mentha piperita* L.) for the causes of limetation imposed on by the antioxidant Zn and its role in photosynthetic carbon metabolic studies were considered for the growth and physiology. Furthermore, the detail carbon metabolism, net photosynthetic rate, protein synthesis, carbon partitioning and essential monoterpene oil(s) associated with saccharide metabolism through photosynthetically fixed $^{14}CO_2$ in the presence and absence of the antioxidant Zn for the growth and physiological studies were determined. A two factorial experiment, laid out in the pattern of RBD was followed to study the interaction effects between antioxidant Zn nutrition in the presence and the depletion. Linear correlation coefficients were calculated to study the interrelationship between the studied characters.

Materials and Methods

Suckers of Sweet mint (*Menth* and *Mentha piperita* L.) was obtained from naturally growing research farm of Central Institute of Medicinal and Aromatic Plants, Lucknow, India. Uniform suckers were initially planted in 10,000 cm^3 ceramic pots filled with silica sand that had previously been completely cleaned from all micro-nutrients for the development of roots. Further, the rooted suckers were transferred to 2500 cm^3 amber coloured pots containing nutrient solution after 15 days. The salts used in solution culture were purified to remove impurities of Zn by dithizone (Hewitt, 1952). Hoagland and Arnons (1938) nutrient solution was used in the experiment except Fe which was added as Fe-EDTA. In the Zn- depleted medium Zn was omitted. Ten pots each (6 plants per pot) of Zn deficient/ -Zn and control (+Zn x at 0.058 gm^{-3}) treatments were maintained at an ambient $27 \pm 5EC$ in controlled condition in glass house and with irradiance ($800 \mu mol.m^{-2}.S^{-1}$). The nutrient medium aerated continuously and changed weekly and routine practice for raising plants in solution culture was observed. With onset of Zn deficiency (between 15-20 days) growth attributes observation and tracer studies were performed.

CO_2 exchange rate (Photosynthesis) and saccharides were measured using a computerised portable

photosynthesis system (Misra, 1992) by using Licor model L16000, LICOR, USA).

Chlorophyll (Chl) Content

A known mass of leaf tissue was extracted with 80% acetone and absorbance was recorded on a spectrophotometer (Pye Unicane PU8610, USA) for determination of Chl. a and b according to Arnon (Arnon, 1949).

$^{14}\text{CO}_2$ incorporation and ^{14}C incorporation in ethanol soluble material in “-Zn” and “+Zn” treatments

Samples were harvested in the morning about 5 h after beginning of light period. Twelve unbranched main shoots with 6-7 leaf pairs each were cut under water and placed in vials with cut ends dipped in 112 strength Hoagland solutions were treated $^{14}\text{CO}_2$ incorporation and ^{14}C incorporation were done as described earlier (Srivastava and Luthra, 1991).

^{14}C -incorporation in essential monoterpene oil(s)

For determining ^{14}C incorporation into oil, a known mass of leaf tissue was subjected to microscale steam distillation in a mini apparatus of Clevenger (Guenther, 1972 and Clevenger, 1938). The volatile oil was recovered by ether extraction. The radioactivity in ether aliquots was determined in a scintillation counter (LKB Rack Beta-1215) using the PPO-POPOP-toluene cocktail (Srivastava and Luthra, 1991).

Nitrate Reductase activity (NRA) and protein estimation

Nitrate reductase enzyme and protein estimation “-Zn” and “+Zn” treated plants were done as described by Hagman and Hucklehy (1971) and Lowery et al. (1951) respectively. Growth attributes data and Zn analysis: Leaf fresh mass; dry mass and area (area meter LICOR, LI-3000) were also recorded. For tissue elemental analysis, 1g dried leaf samples were digested with 1N HCl at 60°C for 24h. Aliquot samples of the clear digest were diluted with water (10 cm³) and analyzed for Zn by atomic absorption spectrophotometry (Pye Unicam SP- 2800) (Misra and Sharma, 1991).

Statistical treatment

Experiment was conducted in controlled conditions using the layout of two factor factorial randomized complete block design. Zn application (+Zn and -Zn) and leaf maturity (younger, fully matured and older leaves) served as two factors to study the Zn X leaf age interaction effect. Average values of six replications were compared using interaction Least Significance

Difference[L.S.D.(interaction)]. Linear correlation coefficients among the traits under study were computed to examine character associations.

Results and Discussion

The development of from top to lower descending order represented a gradient increase in the morphological and anatomical structure with leaf physiological and metabolic capacity (Table 1). In the +Zn antioxidant treated plants main role was obtained in Pn increased till the matured leaves and then decreased in the older leaves in comparison to depleted antioxidant treated plants. However, in -Zn plants of it was significantly lower, irrespective of the younger, mature and older leaves. In both +Zn antioxidant and depleted -Zn plants leaf fresh mass, dry mass, chlorophyll a and total chlorophyll increased till the matured leaf and then declined; in -Zn plants the values were significantly lower than the +Zn plants, which undoubtedly showed the role of antioxidant +Zn plays an important role in increasing the physiological metabolic and anabolic activities. In free radicals formation via reactions between Fe and cystine and histidine residues is blocked in the presence of adequate antioxidant Zn and giving resistant to the cellular integrity in plants (Berg and Shi, 1996). Further an increase in level of reactive O₂ species and decrease in an antioxidant for detoxification mechanisms may be the major reasons for impairment of various cellular functions in Zn deficient plants (Alscher, Donahke and Cramer, 1997). The oil yield protein synthesis with nitrate reductase activity, however, was highest in matured leaves then the younger leaves, and was maximum in matured leaves with increased physiological activities and increased +Zn antioxidant in treated plants with the maximum total oil accumulation, with a similar difference in Zn tissue contents amount in between +Zn and -Zn treated plants. Further, the irregularities in chl-b content were reflected in chl. a/b ratios. Zn deficiency inhibits Pn in cotton (Ohki, 1976) and soybean (Ohki, 1978). A decrease in chl content represents a decline in the photochemical capacity of leaf at -Zn (20). Zn deficiency drastically reduces protein synthesis in tomatoes, where folds more free amino-acids were found than the +Zn treated tomato (Marschner, 1986).

Ethanol soluble fractions were further analysed for distribution of label into sugars, amino acids and organic acids. In +Zn antioxidants cultured plants, these distributions were in correspondance to total $^{14}\text{CO}_2$ incorporation, while in the -Zn depleted cultured plants the matured leaves had lead the highest amounts of sugars,

Table 1. Changes in net photosynthetic rate (Pn), leaf parameters essential monoterpene oil(s) yield, Zn content, Chlorophyll (Chl) contents and ratio protein content NRA in developing sweet mint leaves subjected to antioxidant Zn stresses.

Plant trait	Treatment	Leaf position			L.S.D. (intraction) at p=0.05
		younger	mature	older	
Photosynthesis [mg(CO ₂)m ⁻² s ⁻¹]	+Zn	0.11	0.17	0.10	0.03
	-Zn	0.05	0.07	0.04	
Leaf fresh mass [mg per leaf pair]	+Zn	287	538	611	161
	-Zn	117	278	299	
Leaf dry mass [mg per leaf pair]	+Zn	32	49	26	7
	-Zn	15	27	11	
Leaf area [cm ² per leaf pair]	+Zn	10.1	40.8	29.3	5.8
	-Zn	7.7	22.2	17.2	
Oil yield [mm ³ per leaf pair]	+Zn	4.9	3.1	2.1	0.8
	-Zn	2.7	2.2	1.1	
Zn content [mg Kg ⁻¹ (d.m.)]	+Zn	18.3	11.28	13.01	1.21
	-Zn	6.28	4.12	1.98	
Chl (a+b) [g Kg ⁻¹ (f.m.)]	+Zn	1.59	1.99	1.71	0.07
	-Zn	0.87	1.16	1.27	
Chl a [g Kg ⁻¹ (f.m.)]	+Zn	1.21	1.19	0.88	0.09
	-Zn	0.67	0.78	0.75	
Chl b [g Kg ⁻¹ (f.m.)]	+Zn	0.28	0.80	0.83	0.05
	-Zn	0.20	0.38	0.42	
Chl a/b	+Zn	2.04	2.10	1.77	0.29
	-Zn	2.32	1.88	1.69	
NRA [M m mol NO ₂ g ⁻¹]	+Zn	88927	98000	72179	23145
	-Zn	29471	35333	30142	
Protein [mg g ⁻¹ (f.m.)]	+Zn	2.99	3.20	3.01	1.01
	-Zn	1.78	1.79	1.69	

amino acids and organic acids (Table 2). The incorporation of photosynthetically fixed ¹⁴C precursors into essential monoterpene oil (s) was found maximum in matured leaves in antioxidant +Zn treated plants, but it significantly was lower in the depleted -Zn treatments. Thus the incorporation of ¹⁴C photosynthates and essential monoterpene oil(s) were maximum in the matured leaves. Rose appeared to have 60% more of the labelled CO₂ fixation and was localized into sugars fraction (Jiao et al. 1989). Earlier we have reported maximum ¹⁴C incorporation into sugars, followed by organic acids, amino acids essential monoterpene oil(s) in matured developed fully expanded leaves. The incorporation into sugars and amino acids declined as the leaves became older (Srivastava and Luthra, 1991). The uptake of ¹⁴CO₂ in leaves of matured leaves of wheat takes place and further assimilates the photosynthates as the leaf increase and fully expanded and then decreases (Dodson, Manners and Myers, 1964) and in rice the ¹⁴CO₂ incorporation trend remains the same (Graham and

Chapman, 1979). In rose, the upper younger leaves supply assimilates to the flower bud and to the upper part of stem whereas the assimilates from the lower leaves move in two directions, the larger part being directed downwards (Mor and Halevy, 1979).

Statistical analysis (Table 3) showed a positive significant association between Zn content in leaf and total ¹⁴C incorporated ($r = 0.924 < p = 0.05$), ¹⁴C incorporated into ethanol soluble fraction ($r = 0.925 < p = 0.05$), and ¹⁴C incorporated into sugars ($r = 0.877 < p = 0.05$). However, Zn content in leaf was negatively correlated with ¹⁴C incorporation into amino acids ($r = -0.739 < p = 0.05$) and organic acids ($r = -0.699 < p = 0.05$), respectively. Further, total oil yield showed a negative correlation with ¹⁴C incorporation into amino acids ($r = -0.921 < p = 0.05$). Positive significant correlation of ¹⁴C incorporation into sugars and (total oil production) ($r = 0.719 < p = 0.05$) in total oil production ($r = 0.949 < p = 0.05$). A quadratic trend was the clear cut noticed for all these characters with higher significance in antioxidant +Zn

Table 2. Variation in $^{14}\text{CO}_2$ incorporation [$\times 10^2 \text{ g}^{-1} \text{ s}^{-1}$] in ethanol soluble, insoluble fractions, essential monoterpene oil(s), sugars, amino acids, and organic acids in developing leaves in sweet mint antioxidant used and depleted plants.

Photosynthates	Cultured plants	Leaves			L.S.D. (intraction) at p=0.05
		younger	mature	older	
Total	+Zn	26.1	14.9	4.9	2.2
	-Zn	4.5	1.2	1.3	
Ethanol soluble	+Zn	25.9	12.1	9.2	1.4
	-Zn	3.2	1.3	1.2	
Ethanol insoluble	+Zn	1.9	0.9	0.3	0.1
	-Zn	0.5	0.4	0.05	
Sugars	+Zn	6.2	4.1	3.1	0.2
	-Zn	1.4	1.1	0.9	
Sugars	+Zn	6.2	4.1	3.1	0.2
	-Zn	1.4	1.1	0.9	
Amino acids	+Zn	1.1	0.6	0.1	0.3
	-Zn	3.6	1.1	0.9	
Organic acids	+Zn	0.5	0.4	0.2	0.2
	-Zn	2.1	1.6	0.6	
Essential monoterpene oil(s)	+Zn	0.075	0.0290	0.012	0.004
	-Zn	0.007	0.0180	0.009	

Table 3. Correlation coefficients of total ^{14}C incorporation into photosynthates fractions, total oil yields in sweet mint. (Values are significantly different at $\alpha=0.05$).

Characters	1	2	3	4	5	6	7
Zn content in leaf (1)	-	0.924*					
Total ^{14}C incorporated (2)			0.925*				
^{14}C incorporated into -Ethanol soluble fraction (3)				0.877*			
^{14}C incorporated into Sugars (4)		0.719*					
^{14}C incorporated into Amino acids (5)	-0.739*				-0.921*		
^{14}C incorporated into Organic acids (6)	-0.699*					-	
Total oil yield (7)		0.949					-

treated plants than the depleted ones. These observed changes in Pn, chlorophyll synthesis and leaf physiological parameters including protein synthesis in antioxidant +Zn treated plants, further reflect an internal contents of photosynthates and their partitioning towards essential monoterpene oil (s). As in developing leaves the contribution

of photosynthates to the biosynthetic pathway depends on the physiological status of the leaf and in sustaining to the agriculture for balancing the ecosystem. Thus, photosynthate partitioning among various metabolic pathways regulates the monoterpene production and for a better mankind needs and usage.

Acknowledgement

Authors are thankful though to Director CIMAP for timely encouragement and facilities provided during the studies.

Literature Cited

- ALSCHER, R.G.; DONAHKE, J.L.; CRAMER, C.L. 1997. Reactive oxygen species and antioxidants: relationship in green cells. *Physiologia Plantarum* 100:224-233.
- ARNON, D.I. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts: Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. *Plant Physiology* 24:1-15.
- BERG, J.M.; SHI, Y. 1996. The galvanization of biology: a growing appreciation for the role of Zinc. *Science* 271:1081-1085.
- BRAY, T.M.; BETTGER, W.J. 1990. The physiological role of Zinc as an antioxidant. *Tree radicals. Biology and Medicine* 8:281-291.
- CHAKMAK, I. et al. 1996. Zinc deficiency as a critical nutritional problem in wheat production in central Anatolia. *Plant and Soil* 180:165-172.
- CAKMAK, I.; ENGELS, C. 1999. Role of mineral nutrients in photosynthesis and yield formation. In: Rengel, Z., ed. *Mineral nutrition of crops*. New York, Haworth Press. pp. 141-168.
- CLEVENGER, J.F. 1928. Apparatus for determination of essential oils. *Journal American Pharmacology Association* 17:346.
- DODSON, J.K.; MANNERS, J.G.; MYERS, A. 1964. The distribution of ^{14}C assimilated by third flag leaf of wheat. *Journal Experiment Botany* 15: 96-103.
- GRAHAN, D.; CHAPMAN, E.A. 1979. Interactions between photosynthesis and respiration in higher plants. In: Gibbs, M., Latzko, E.L. ed. *Photosynthesis* 11(6): 150-162.
- GRAHAM, R.D.; ASCHER, J.S.; HYNES, S.C. 1992. Selecting Zinc efficient cereal genotypes for soils of low Zinc status. *Plant and Soil* 146:241-250.
- HAGMAN, R.N.; HUCKLESKY, D.P. 1971. Nitrate reductase from higher plants. In: Pietxo, A.S. *Methods in enzymology*. New York, Academic Press. 23: 491.
- HEWITT, E.J. 1952. Sand and water culture methods used in the study of plant nutrition. *Plantation Crops Technical Conservation* 22: 405-439.
- HOAGLAND, D.R.; ARNON D.I. 1938. The water culture method for growing plants without soil. *California Agricultural Experiment Station Circular* 347:32.
- JIAO, J. et al. 1989. *Canadian Journal Plant Science* 69: 577-584.
- LOWERY, O.H. et al. 1951. Protein measurement with Folin phenol reagent. *Journal Biological Chemistry* 193:265.
- MARSCHNER, H. 1986. Function of mineral nutrients. In: *Mineral Nutrition of higher plants*. New York, Academic Press. pp.269-300
- MISRA, A. 1992. Effect of Zn stress in Japanese mint as related to growth, photosynthesis, chlorophyll contents and secondary plant products the monoterpenes. *Photosynthetica* 26:225-234.
- MISRA, A.; SHARMA S. 1991. Critical Zn concentration for essential oil yield and menthol concentration of Japanese mint. *Fertilizer Research* 29:261-265.
- MOR, Y.; HALEVY, A.H. 1979. Translocation of ^{14}C assimilates in roses. The effect of the age of the shoot and the location of the source leaf. *Physiological Plant* 45:177-182.
- OHKI, K. 1976. Effect of Zn nutrition on photosynthesis and carbonic anhydrase activity in cotton. *Physiological Plant* 38:300-304.
- OHKI, K. 1978. Zinc concentration of soybean as related to growth, photosynthesis and carbonic anhydrase activity. *Crop Science* 18: 79-82.
- SRIVASTAVA, N.K.; LUTHRA, R. 1991. Distribution of photosynthetically fixed $^{14}\text{CO}_2$ into essential oil in relation to primary metabolites in developing peppermint (*Mentha piperita*) leaves. *Plant Science* 76: 153-157.
- TAKKARE, P.N.; WALKER, C.D. 1993. The distribution and correction of Zinc deficiency. In: Robson, A.D., ed., *Zinc in Soils and Plants*. Dordrecht. The Netherlands, Kluwer Academic. pp. 151-166.
- VALLEE, B.L.; FALICHUK, K.H. 1993. The biochemical basis of Zinc physiology. *Physiological Reviews* 73:79-118.
- WELCH, R. M. et al. 1991. Geographic distribution of trace element problems. In: Mortvedt, J. J. et al. eds. *Apicronutrient in agriculture*. Soil Science Society of America. pp 31-57. (SSSA Book series No. 4).
- WHITE, J. G.; ZASORKI, R. H. 1999. Mapping soil micronutrients. *Field Crops Research* 60: 11-26.
- WILLIAMS, R. J. P. 1988. An introduction to the biochemistry of Zinc. In: *Zinc in human biology*, London, Springer-Verlag. pp.15-31.

AVALIAÇÃO DE QUATRO VARIEDADES DE BANANEIRAS INTRODUZIDAS NO SUL DA BAHIA

José Basílio Vieira Leite¹, Antonio Baldo Geraldo Martins², Raul René Valle¹, Rodrigo Dias Lins¹

¹Ceplac/Cepec, Caixa Postal 07, 45600-970, Itabuna, Bahia, Brasil; e-mail: sefop@cepec.gov.br

²Universidade Estadual de São Paulo/Fcav, 14870-000, Jaboticabal, São Paulo, Brasil.

As variedades de bananeira Prata e Pacovan, tradicionalmente cultivadas no sul da Bahia, apresentam baixa produtividade e susceptibilidade às principais doenças do cultivo apesar da boa adaptação às condições climáticas regionais. O presente estudo teve como objetivos introduzir e avaliar o comportamento de quatro variedades de bananeira com características genéticas superiores nas condições climáticas do Sul da Bahia. As variedades *Thap maeo*, *Nam*, *Yangambi* e *Mysore* foram avaliadas durante os quatro primeiros ciclos de produção nos seguintes parâmetros: altura da planta, circunferência do pseudocaule, número de folhas vivas quando da emissão de inflorescência, peso de cacho, número de pencas/cacho, número de frutos/penca, número de frutos/cacho, peso de penca e peso médio do fruto. Em geral, verificou-se que a variedade *Thap maeo* destacou-se das demais, nas características avaliadas.

Palavras-chave: banana, comportamento, *musa* spp.

Evaluation of four varieties of banana tree in the South of Bahia region. The bananas varieties *Prata* and *Pacovan*, traditionally cultivated in South Bahia, shows low productivity and susceptibility to the main diseases of the crop, albeit their good adaptation to the regional conditions. The present study aimed introduce and evaluate the behavior of four banana varieties with superior genetics characteristics in the climatic conditions of South Bahia. The varieties *Thap maeo*, *Nam*, *Yangambi* and *Mysore* were assessed during the first four production cycles for plant height, pseudostem circumference, number of leaves alive at inflorescence emission, bunch weight, numbers of hands per bunch, finger per hands, fingers per bunch, bunch weight and average weight of the finger. In general, it was found that the variety *Thap maeo* stood out of the others in regard to the evaluated characteristics.

Key words: banana, behavior, *musa* spp.

Introdução

A crise da cacauicultura no Sul da Bahia, decorrente dos baixos preços do cacau e da incidência da doença vassoura-de-bruxa causada pelo fungo *Crinipellis pernicioso* ocasionou sérios danos à economia regional. A bananicultura tem sido apontada como uma das principais opções para a diversificação agroeconômica da região, pelo amplo mercado e possibilidade de agroindustrialização (Mascarenhas e Leite, 1996).

A região Sul da Bahia apresenta potencial edafoclimático e localização geográfica privilegiada para o estabelecimento e consolidação de um pólo produtor de banana. Apesar da boa adaptação às condições climáticas do sul da Bahia, as variedades de bananeira Prata e Pacovan, tradicionalmente cultivadas na região, apresentam baixa produtividade e susceptibilidade ao Mal-do-Panamá, Sigatoka-amarela, Sigatoka-negra e Moko, principais doenças do cultivo. Este fato se agrava devido às condições climáticas adequadas para o desenvolvimento dessas moléstias na Região.

O genótipo tem um efeito significativo sobre a produção e qualidade do fruto e que, as práticas de manejo adotadas assim como a sua capacidade de adaptação contribui para o sucesso do plantio. Cada variedade apresenta interação genótipo x meio ambiente propiciando variações com relação à produtividade, precocidade e qualidade da fruta (Soto Balestero, 1997; Dantas et al. 1993; Champion, 1968). Por estas razões, Alves et al. (1997) recomendam introduzir e avaliar novos materiais selecionados para produtividade, qualidade de frutos, porte, precocidade e principalmente, resistência às principais pragas da bananeira como Mal-do-Panamá, Sigatoka-amarela, Sigatoka-negra, Moko, nematóides e broca-do-rizoma para a consolidação da bananicultura regional

Além disso, o conhecimento da fenologia da bananeira nos diferentes ecossistemas regionais permite a aplicação correta do manejo, controle fitossanitário, práticas de pós-colheita e permite um melhor planejamento da colheita para obtenção de maiores lucros (Alves et al., 1986; Moreira, 1987).

O cultivo de banana na região Sul da Bahia é caracterizado pela grande variação edafoclimática por agrossistema, baixo uso de tecnologias e cultivares suscetíveis às principais pragas e doenças acarretando baixa produtividade, por isso, baixa competitividade com outras regiões produtoras. Portanto, além da variedade tradicionalmente plantada, há necessidade de introdução de outras variedades que possuam características agrônômicas superiores e com resistência às principais doenças (Alves et al., 1997).

O presente trabalho teve como objetivo introduzir e avaliar agronomicamente novas variedades de bananeira selecionadas pela EMBRAPA/CNPMP nas condições climáticas do Sul da Bahia.

Material e Métodos

O experimento foi instalado na Estação Experimental Gregório Bondar - EGREB, Belmonte (Ba), localizada 24° 05' S e 39° 12' W, com médias anuais de temperatura, umidade relativa do ar e pluviosidade de 24°C, 84% e 1.400 mm, respectivamente e altitude de 105 m, apresentando solos classificados como Latossolo vermelho-amarelo distróficos e com camada coesa entre 30 a 40 cm de profundidade, característica dos tabuleiros costeiros. Na análise química do solo realizada na profundidade de 0-20 cm, encontrou-se teores de 1 mg/dm³ de fósforo, 0,10 cmol/dm³ de potássio, 2,2 cmol/dm³ de Cálcio + Magnésio, e 0,5 cmol/dm³ de Alumínio.

Foram utilizadas as variedades: *Mysore* do grupo genômico AAB, porte alto, com fruto de sabor intermediário entre as variedades Maçã e Prata, ácido e resistente às principais doenças foliares, inclusive Mal-do-Panamá; *Thap maeo* do grupo genômico AAB, porte alto, com fruto de sabor característico, aparenta resistência às principais doenças foliares e ao Mal-do-Panamá; *Nam* do grupo genômico AAA, porte médio, apresenta frutos com casca lisa e muito saborosos e resistência às principais doenças e *Yangambi* do grupo genômico AAA, porte médio, resistente à Sigatoka-amarela e fruto com bom potencial comercial (Silva et al., 2000; Dantas et al., 1993).

O preparo da área foi feito com aração, calagem, gradagem e sulcamento com 40 cm de profundidade, distante 3 m entre si. No sulco foi plantada uma muda de rizoma inteiro, previamente tratada, a cada 2 metros. A adubação realizada no plantio foi de 400 g de farinha de osso, 150 g de superfosfato simples e 10 litros de esterco de gado. O pomar foi conduzido com limpeza da área; adubação de cobertura (100 g de uréia + 250 g de cloreto de potássio) a cada três meses; desbaste deixando um seguidor; limpeza de folha e controle de pragas e doenças.

Os parâmetros avaliados foram: altura da planta, circunferência do pseudocaule, número de folhas vivas quando da emissão de inflorescência, peso de cacho, número de pencas/cacho, número de frutos/penca, número de frutos/cacho, peso de penca e peso médio do fruto nos quatro primeiros ciclos da cultura, ocorridos nos 15º, 22º, 31º e 34º mês após o plantio.

O delineamento experimental foi de blocos ao acaso com três repetições, sendo cada parcela constituída por

um total de 49 plantas, com 25 plantas por parcela útil. Os resultados submetidos a análise de variância por variedade em cada ciclo e as médias ao teste Scott e Knott a 5 % de probabilidade (Scott e Knott, 1974).

Resultados e Discussão

Na avaliação das características de desenvolvimento de quatro variedades de bananeira foram estudadas as variáveis altura da planta, diâmetro do pseudocaulo e número de folhas vivas na colheita. Em relação ao número de folhas vivas na colheita, que permite avaliar a tolerância da variedade ao ataque do agente causal da Sigatoka amarela, verificou-se que nos 3 primeiros ciclos a variedade *Thap maeo* destacou-se das demais com 5,3 a 6,2 folhas vivas no momento da colheita, caracterizando-se como a mais tolerante a esta enfermidade. As outras variedades testadas apresentaram número de folhas vivas no momento da colheita variando de 3,4 a 5,2 (Tabela 1). Essas variedades foram consideradas como tendo boa tolerância à doença, em comparação com outras

variedades cultivadas na região (Cordeiro et al., 2000).

Houve variação na altura da planta durante os quatro ciclos. No primeiro ciclo as variedades *Nam* e *Yangambi* apresentaram porte superior às variedades *Thap maeo* e *Mysore*. No segundo ciclo, inverteram-se e a *Thap maeo* e *Mysore* apresentaram porte mais elevado que as demais. No terceiro ciclo que é considerado como plantio já estabelecido (Soto Balestero, 1992; Alves, 1999), a *Thap maeo* apresentou porte maior em relação as outras variedades, seguida pela *Mysore* que foi superior as demais. No quarto ciclo as variedades *Thap maeo* e *Mysore* apresentaram porte semelhante e superiores a *Yangambi* e *Nam*. Esta variação na altura da planta está associada a tendência das variedades em atingir a altura definitiva que ocorre no terceiro ciclo (Alves et al., 1986; Alves, 1990). Os dados obtidos estão próximos dos observados por Silva et al. (2000) avaliando essas variedades nas condições de Cruz das Almas, Bahia.

O porte da planta é uma característica muito importante para o manejo da cultura e produtividade (Alves, 1999; Moreira, 1987; Alves, 1985), sendo as variedades com portes mais baixos consideradas como as

Tabela 1 – Características de desenvolvimento e rendimento de quatro variedades introduzidas de bananeira nos 4 primeiros ciclos. Belmonte, BA. 1996 a 1999¹.

Variedade	Peso			Pencas/ cacho nº	Frutos/ cacho nº	Folhas vivas na colheita nº	Altura de planta na floração (m)	Diâmetro de caule (cm)
	Cacho	Penca kg	Fruto					
1º Ciclo								
<i>Thap maeo</i>	16,6 a	1,4 a	0,09 a	10,4 a	159,9 a	6,2 a	2,04 b	18,9 a
<i>Mysore</i>	14,0 b	1,3 b	0,09 a	9,6 b	139,9 b	5,2 b	1,85 b	17,7 b
<i>Yangambi</i>	9,7 c	1,4 a	0,09 a	6,0 c	91,7 c	4,5 c	2,38 a	16,1 c
<i>Nam</i>	8,7 c	1,2 b	0,10 a	6,1 c	80,4 c	3,4 d	2,60 a	17,7 b
2º Ciclo								
<i>Thap maeo</i>	14,4 a	1,1 b	0,07 b	11,6 a	190,5 a	5,3 a	3,37 a	21,5 a
<i>Mysore</i>	11,0 b	0,9 c	0,06 b	10,5 b	166,2 b	4,0 c	3,21 a	18,8 b
<i>Yangambi</i>	12,7 b	1,5 a	0,08 a	7,6 c	136,7 c	4,4 b	2,85 b	18,7 b
<i>Nam</i>	12,1 b	1,5 a	0,10 a	7,1 c	107,1 d	4,4 b	2,63 c	20,8 a
3º Ciclo								
<i>Thap maeo</i>	18,9 a	1,5 a	0,09 a	11,0 a	184,6 a	5,6 a	3,72 a	24,0 a
<i>Mysore</i>	13,1 b	1,1 a	0,07 b	10,4 a	167,6 a	4,3 b	3,48 b	21,9 b
<i>Yangambi</i>	9,0 b	1,2 a	0,07 b	6,9 c	117,7 b	3,8 b	2,98 c	20,3 c
<i>Nam</i>	11,9 b	1,4 a	0,08 a	7,8 b	123,4 b	4,0 b	2,92 c	23,1 b
4º Ciclo								
<i>Thap maeo</i>	16,3 a	1,3 c	0,09 a	11,0 b	167,6 b	4,3 b	3,55 a	26,1 a
<i>Mysore</i>	21,9 a	1,6 b	0,09 a	12,5 a	227,0 a	4,6 a	3,62 a	24,9 b
<i>Yangambi</i>	16,9 a	2,0 a	0,10 a	7,5 d	143,7 c	5,0 a	3,03 b	22,3 c
<i>Nam</i>	18,5 a	1,8 a	0,10 a	8,8 c	155,3 b	5,5 a	3,17 b	26,1 a

¹ Médias com a mesma letra na coluna e mesmo ciclo estão agrupadas pelo Teste Scott & Knott a 5 % de probabilidade

melhores. Portanto, as variedades *Yangambi* e *Nam* se destacaram das demais por apresentarem porte mais baixo.

Quanto ao diâmetro do pseudocaule o destaque no primeiro ciclo foi a variedade *Thap maeo* com 18,9 cm seguida das variedades *Mysore* e *Nam* com 17,7 cm. A *Yangambi* apresentou o menor diâmetro com 16,1 cm. No segundo ciclo *Thap maeo* e *Nam* destacaram-se das demais. No terceiro ciclo o comportamento foi semelhante ao primeiro e no quarto o comportamento foi semelhante ao terceiro (Tabela 1). Esta característica normalmente é associada à capacidade de sustentação de cacho e também ao tamanho do cacho (Champion, 1968), podendo ser considerada também, na definição do espaçamento e densidade populacional pela influência que exerce no espaço ocupado pelas plantas (Alves, 1999).

Quanto as características de produção (Tabela 1), verificou-se que com relação ao peso médio de cacho a variedade *Thap maeo* se destacou das demais nos 3 primeiros ciclos. No quarto ciclo não houve diferença significativa entre as variedades. Considerando-se a soma das médias de produção nos 4 primeiros ciclos (Figura 1) a variedade *Thap maeo* apresentou o melhor comportamento, atingindo valores acima de 16 kg/planta. No entanto, as demais variedades obtiveram médias de peso de cacho dos 4 ciclos superiores aquelas encontrada por Silva et al. (2000) nas condições do município de Cruz das Almas-Ba indicando uma provável influência das condições edafoclimáticas nos resultados.

Com relação ao peso médio de penca no primeiro ciclo, a variedade *Yangambi* apresentou em todos os ciclos, peso médio de penca superior. Contudo, não diferiu da variedade *Thap maeo* no primeiro ciclo. Para peso médio de fruto, que é uma característica muito importante na comercialização, as variedades produziram frutos comerciais com peso variando de 80 a 100 g. A exceção foi para as variedades *Mysore* e *Thap maeo* no segundo ciclo e *Mysore* e *Yangambi* no terceiro (Tabela 1).

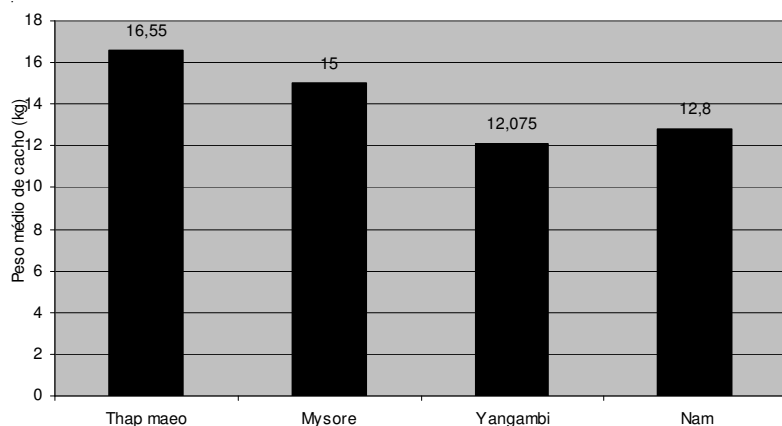


Figura 1 – Peso de cacho (kg) de 4 variedades de bananeira em quatro ciclos, Belmonte.

Para o número médio de pencas/cacho e frutos/cacho a variedade *Thap maeo* se destacou nos 3 primeiros ciclos. No terceiro ciclo esses valores não diferiram daqueles obtidos pela variedade *Mysore* que superou as demais no quarto ciclo (Tabela 1).

Conclusões

- As variedades apresentaram diferenças quanto às características estudadas no quarto ciclo;
- A variedade *Thap maeo* apresentou as melhores características de produção.

Literatura Citada

- ALVES, E.J; SHEPHERD, K.; FERREIRA, F.R. 1985. Cultivo de banana caracterizados e avaliados no Centro Nacional de Pesquisa de Mandioca e Fruticultura. Cruz das Almas. EMBRAPA - CNPMF, Comunicado Técnico, 8. 8p.
- ALVES, E.J. et al. 1997. Banana para exportação: aspectos técnicos de produção. Brasília, EMBRAPA/SPI. Publicações Técnicas FRUPEX 18. 106 p.
- ALVES, E. J; SHEPHERD, K; FERREIRA, F. R. 1984. Caracterização e avaliação de germoplasma de banana (*Musa* spp.) In: Congresso Brasileiro de Fruticultura, Florianópolis, 1983. SBF/EMPASC. 3v. pp. 202-214.
- ALVES, E. J. (org.). 1999. A cultura da banana: aspectos técnicos, sócio econômicos e agroindustriais. Cruz das Almas, Embrapa-CNPMF. 585p.
- CORDEIRO, Z. J. M. (org.). 2000. Banana: Produção: aspectos técnicos. Brasília: Embrapa/SPI/Cruz das Almas, Embrapa-CNPMF. 143 p. (série Frutas do Brasil).
- CHAMPION, J. 1968. El platano. Barcelona. Editorial Blume, 247 p.
- DANTAS, J. L. L. et al. 1993. Programa de melhoramento genético da bananeira em execução no CNPMF/EMBRAPA - Avanços obtidos. Cruz das Almas, EMBRAPA-CNPMF. (Doc. 47). 42p.
- MASCARENHAS, C. G. C.; LEITE, J.B.V. 1996. Comportamento dos preços de banana aos níveis de produtor e atacado na Bahia. In: Congresso Brasileiro de Fruticultura, 14, 1996, Curitiba. Anais. Londrina, IAPAR. p. 96.
- MOREIRA, R. S. 1987. Banana: Teoria e prática de cultivo. Campinas, Fundação Cargil. 335 p.
- SCOTT, A. J.; KNOTT, M. 1974. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. Biometrics 30: 507-512.
- SILVA, S. de O. et al. 2000. Caracterização morfológica e avaliação de cultivares e híbridos de bananeira. Revista Brasileira de Fruticultura 22(2): 161-169.
- SOTO BALESTERO, M. 1992. Bananas: cultivo e comercialización. 2ª ed. San José (Costa Rica) Litografia e Imprenta. 674 p.

Revista Agrotrópica

CEPLAC - Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira
CEPEC - Centro de Pesquisas do Cacau
Caixa Postal 07 45600-970 Itabuna, Bahia
Fone/Fax: (73) 214 3218
E-mail: agrotrop@cepec.gov.br

Desejo assinar a Revista Agrotrópica, para tanto estou enviando um cheque nominal ou comprovante de depósito (ou de transferência bancária) no valor de R\$ 40,00 () ANUAL ou R\$ 15,00 () NÚMERO AVULSO em nome de **CEPLAC/CEPEC/NUCAD**, conta corrente nº **170.500-8**, Banco do Brasil (001), agência **3602-1**, código d-v **130.133.13.903-005-0** (obs.: não esquecer de colocar o código-dv. Enviar comprovante via **FAX**).

Remessa p/ o estrangeiro () via superfície
via aérea (acrescentar R\$ 18,00)

Nome:
Instituição:
Endereço:
Bairro: Cidade: UF: Cep:
País: E-mail: Telephone:

.....
Assinatura /...../.....
Data