

revista  
**THEOBROMA**



V. 10 — ABRIL — JUNHO — 1980 Nº 2

Ilhéus-Brasil

# COMISSÃO EXECUTIVA DO PLANO DA LAVOURA CACAUEIRA – CEPLAC

Vinculada ao Ministério da Agricultura, Brasil

**Presidente:** Ângelo Amaury Stábile, Ministro da Agricultura; **Vice-Presidente:** Benedito Fonseca Moreira, Diretor da CACEX; **Secretário Geral:** José Haroldo Castro Vieira; **Secretário Geral Adjunto:** Emo Ruy de Miranda; **Diretor Científico:** Paulo de Tarso Alvim; **Diretor Regional:** Fernando Vello.

## REVISTA THEOBROMA

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

**Diretor do CEPEC:** Luiz Ferreira da Silva; **Vice-Diretor do CEPEC:** Guillermo Enrique Smith Figueroa.

**Comissão de Editoração:** Saulo de Jesus Soria, Coordenador; João Manuel Abreu; Ronald Alvim; Percy Cabala R.; Ariovaldo Matos; Jorge Octavio Moreno; Leda Góes Ribeiro.

**Editor:** José Correia de Sales.

**Assessores científicos que participaram da revisão dos trabalhos contidos no presente número:** Forbes Peter Benton, Harold Charles Evans, João Maria de Figueiredo, Joseph Iturbe, James R. LaFleur, Jeremy S. Lawrence, Clovis Peixoto Pereira, Asha Ram, Sripathi Rao, Saulo de J. Soria, Terezinha Batista Vieira.

**Endereço para correspondência (address for correspondence):** Editor; Revista Theobroma; Centro de Pesquisas do Cacau – CEPEC; Caixa Postal 7; 45.600, Itabuna, Bahia, Brasil.

**Tiragem:** 4.000 exemplares

Revista Theobroma, v. 1. n.º 1 1971

Ilhéus, Comissão Executiva do Plano  
da Lavoura Cacaueira, 1971 –

v. 22,5 cm

1. Cacau – Periódicos. 1. Comissão Executiva do Pla-  
no da Lavoura Cacaueira, ed.



CDD 630.7405

## REVISTA THEOBROMA

V. 10

Abril–junho 1980

N. 2

## CONTEÚDO

1. Controle químico do pragas de cacau armazenado na Bahia, Brasil.  
**J. M. de Abreu e R. N. Williams** 51
2. Polinização entomófila do cacaueiro na Costa Rica. 1. Lista preliminar  
de mosquinhas ceratopogonídeas coletadas das flores. **S. de J. Soria,**  
**W.W. Wirth e R.K. Chapman** 61
3. Redistribuição e lixiviação de fungicidas à base de cobre aplicado sobre  
cacaual por via aérea e terrestre. **O.M. Santos e A.G. Medeiros** 69
4. Dimensionamento de amostra para previsão de safras de cacau do  
Estado da Bahia e resultados iniciais. **J.R. Arroyo V., H. de Campos,**  
**A. Monteiro e O.F.G. Bordoni** 79

## NOTAS

1. Patogenicidade de alguns isolados de *Phytophthora* sobre diferentes  
hospedeiros. **F.C.Z. de Resnik, F.X.R. do Vale e A.M.F.L. Campêlo** 91
2. Avaliação preliminar da eficácia do trichlorfon aplicado por heli-  
cóptero no controle do mandarová da seringueira *Erinnyis ello*. **J. M.**  
**de Abreu, P. Kasten Jr. e J.L. Pereira** 99

## REVISTA THEOBROMA

---

V. 10

April-June 1980

No. 2

---

### CONTENTS

1. Chemical control of insect infestation in stored-cacao, Bahia, Brazil.  
**J.M. de Abreu and R.N. Williams** 51
2. Insect pollination of cacao in Costa Rica. 1. Preliminary list of the  
ceratopogonid midges collected from flowers. **S. de J. Soria, W.W.  
Wirth and R.K. Chapman** 61
3. Redistribution and leaching of cuprous oxide fungicide in a cacao  
plantation following aerial and ground spraying. **O.M. Santos and A.  
G. Medeiros** 69
4. Sample size for cacao production forecast in the State of Bahia,  
Brazil, and initial results. **J.R. Arroyo V., H. de Campos, A. Monteiro  
and O.F.G. Bordoni** 79

### NOTES

1. Pathogenicity of some *Phytophthora* isolates on different hosts.  
**F.C.Z. de Resnik, F.X.R. do Vale and A.M.F.L. Campêlo** 91
2. A preliminary trial to evaluate the efficiency of trichlorfon applied  
by helicopter to control the rubber leaf caterpillar *Erinnyis ello*.  
**J.M. de Abreu, P. Kasten Jr. and J.L. Pereira** 99



## Chemical control of insect infestation in stored-cacao Bahia, Brasil<sup>1</sup>

João Manuel de Abreu<sup>2</sup> and Roger Neal Williams<sup>3</sup>

### Summary

An experiment was conducted to evaluate insecticide sprays for the protection of bagged cacao. The insecticides along with the number of mg of active ingredients applied per m<sup>2</sup> on the bags were as follows: a - fenitrothion - 500; b - fenitrothion - 750; c - permethrin - 250; d - permethrin - 500; e - pirimiphos-methyl - 500; and f - chlorpyrifos-methyl - 500. A second experiment was carried out to evaluate fumigation of bagged cacao beans using different dosage rates of phosphine during 48 hr or 72 hr of exposure. Pirimiphos-methyl, chlorpyrifos-methyl and permethrin were the most effective insecticides for the protection of bagged cacao beans. The spraying of bags at intervals of 2 months after an initial fumigation with phosphine gave good protection of the cacao beans for at least 10 months. All the dosage rates of phosphine used in the evaluation of fumigation on bagged cacao were effective in controlling beetle populations associated with stored-cacao in Bahia. However, *Carpophilus* spp. was the most difficult group of beetles to control in this experiment. Efficient control of *Carpophilus* spp. was achieved only with the dosage rate of 1 pellet/4 bags for 48 hr of exposure, or with longer exposure (72 hr) at any of the rates.

**Key-words:** chemical control, stored-cacao, insects

## Controle químico de pragas do cacau armazenado na Bahia, Brasil

### Resumo

Um experimento foi realizado com o objetivo de avaliar o efeito da pulverização de inseticidas na proteção de cacau ensacado contra o ataque de insetos. Os inseticidas e dosagens testados foram os seguintes: a - fenitrothion - 500 mg de p.a./m<sup>2</sup>; b - fenitrothion - 750 mg de p.a./m<sup>2</sup>; c - permethrin - 250 mg de p.a./m<sup>2</sup>; d - permethrin - 500 mg de p.a./m<sup>2</sup>; e - pirimiphos-methyl - 500 mg de p.a./m<sup>2</sup>; e f - chlorpyrifos-methyl - 500 mg de p.a./m<sup>2</sup>. Um segundo ensaio foi também efetuado para avaliar o efeito da fumigação de cacau ensacado usando diferentes dosagens de fosfina durante 48 ou 72 horas. Pirimiphos-methyl, chlorpyrifos-methyl e

<sup>1</sup> Extracted from the Ph.D. dissertation of the senior author, Ohio State University, Columbus, Ohio, 1979. Research partially sponsored by A.C.R.I. - American Cocoa Research Institute.

<sup>2</sup> Divisão de Zoologia Agrícola, Centro de Pesquisas do Cacau, Caixa Postal 7, 45.600, Itabuna, Bahia, Brasil.

<sup>3</sup> Associate Professor, Department of Entomology, Ohio Agricultural Research and Development Center, Wooster, Ohio 44691, U.S.A.

permethrin foram os inseticidas mais eficientes na proteção de cacau ensacado contra o ataque de insetos. A pulverização dos sacos, previamente fumigados com fosfina, a intervalos de 2 meses, permitiu uma boa proteção de cacau por um período de 10 meses. Todas as dosagens de fosfina avaliadas no experimento de fumigação de cacau foram eficientes no controle das populações de besouros do cacau armazenado. No entanto, *Carpophilus* spp. foi o grupo mais tolerante à fumigação. Apenas a dosagem de 1 pastilha/4 sacos durante 48 horas promoveu controle adequado deste grupo de insetos. Por outro lado, todas as dosagens utilizadas por um período de 72 horas de fumigação, também ofereceram eficiente controle da população de *Carpophilus* spp.

**Palavras-chave:** controle químico, cacau armazenado, insetos

### Introduction

Studies on the chemical control of insect pests of stored-cacao are very limited in Brazil. There is a single report by Pigatti (6) on the control of *Ephestia cautella* (Walker) using methoxychlor applied directly to the cacao beans and to the outside of bags. This insecticide gave complete control when applied to the beans at 1:1000 by weight and with only moderate success when applied to the outside of bags.

References on the chemical control of insect infestations in stored-cacao are more frequently found in other producing countries. Several studies have been undertaken with the aim of controlling insects of stored-cacao with pyrethrum plus piperonyl butoxide, and dichlorvos (1, 2, 4, 5, 7, 8, 9). In Nigeria, Smith (12) showed that DDT 5% sprayed onto the outside of cacao bags at a rate of ca. 10 g/m<sup>2</sup> had no effect in preventing infestation by *E. cautella* but it was effective against *Tribolium castaneum* (Herbst). Results of experiments using phosphine to control insect pests of stored-cacao showed that infestation was reduced by 99% one week after treatment and by 96.8% 5 weeks later (11).

The present investigation was carried out to determine the effectiveness of

insecticides in reducing or controlling insect populations in bagged cacao.

### Material and Methods

**Experiment 1 — Evaluation of insecticide sprays for the protection of bagged cacao.** The experiment started in February and was concluded in December, 1978. It was carried out in a warehouse 12 x 20 x 4.5 m high, located in the Central Experimental Station of CEPLAC in Ilhéus. The experimental units were arranged on one side of the warehouse occupying 60m<sup>2</sup> of floor space. At the outset 112 bags of superior cacao beans were fumigated with phosphine at the rate of 1 pellet of Phostoxin® (0.6 g) per four bags for 72 hours. Initially, the cacao beans had a moisture content of 6.6 per cent, which by the end of the storage period had changed to 6.8 per cent, though the total variation during the storage period ranged from 6.5 to 7.6 per cent.

The cacao bags were arranged in small stacks of four bags, high four layers on wooden pallets according to a randomized block design of the seven treatments with four replications. Stacks were placed 0.5 m apart from each other. The treatments, along with the

number of mg of active ingredients applied per m<sup>2</sup> were as follows: a — Fenitrothion — 500; b — Fenitrothion — 750; c — Permethrin — 250; d — Permethrin — 500; e — Pirimiphos-methyl — 500; f — Chlorpyrifos-methyl — 500; and g — Control.

Before each application of insecticide the bags from each treatment were laid on the floor of the warehouse and their visible surfaces sprayed at a rate of 100 ml/m<sup>2</sup>. After spraying one side, the bags were turned over in order to spray the other side.

A knapsack hand operated sprayer fitted with a D3-13 TeeJet spray nozzle was used. After the sprayer was calibrated, dosages were based on the rate of flow for a given time. Insecticides were applied four times, on February 24, April 24, June 27, and August 24, 1978.

Twenty four bags of downgraded cacao were placed on the other side of the warehouse to provide a source of infestation. Nine of them were sampled and showed the following average number of insects: *T. castaneum* — 22.1/bag; *Lasioderma serricone* (F.) — 11.3/bag, *Carpophylus dimidiatus* (F.) — 1.8/bag, *Tenebroides mauritanicus* L. — 1.5/bag and *Ahasverus advena* (Waltl.) — 0.33/bag.

Insect infestation levels were assessed by means of sieving the contents of bags. The sievings were placed in Berlese funnels for insect extraction. Insects were also hand sorted from the sievings after they were run through the Berlese funnels. One bag from each stack was

removed for sieving after 5, 7, 9 and 10 months of storage.

The data taken during the experiment were transformed to  $\sqrt{x + T}$ , for the analysis of variance, and the means compared by Duncan's multiple range test.

**Experiment 2 — Evaluation of fumigation on insect pests in bagged cacao using phosphine.** The aim of this experiment was to determine the effectiveness of dosage rates of phosphine as compared to the standard dosage ratio (1 pellet/5 bags for 72 hours) currently in use for the fumigation of cacao, in an attempt to reduce fumigant concentrations while still obtaining satisfactory control, and at the same time, reduce the time consignments remain in port before shipment.

Eight twenty-layer stacks of 500 bags each were distributed in a warehouse in Ilhéus in this experiment. They were covered with gas-proof plastic sheets before distribution of phosphine pellets. The phosphine fumigation was applied in the form of 0.6 g Phostoxin<sup>®</sup> pellets. The treatment applied to the stacks were: a — 1 pellet/4 bags for 48 hr; b — 1 pellet/5 bags for 48 hr; c — 1 pellet/6 bags for 48 hr; d — 1 pellet/5 bags for 72 hr; e — 1 pellet/6 bags for 72 hr; f — 1 pellet/7 bags for 72 hr; g — Control for 48 hr; and h — Control for 72 hr.

Control stacks were only covered with the gas-proof sheets. Pellets were placed in small wooden boxes. Four boxes were placed on the floor in each side of the stack.



Natural infestation levels were assessed by sieving the contents of 12 bags before and after fumigation as previously described. These bags were withdrawn from the upper four layers of each stack.

The data on insect counts from the assessment of infestation by sieving were transformed to  $\sqrt{x + 1}$ , and analysed by using a one way analysis of variance with 12 replications of eight treatments. The analyses were carried out for counts before and after fumigation. The transformed mean counts were compared by Duncan's multiple range test.

The percentage of control due to treatments was estimated using the Henderson and Tilton (3) formula:

$$100 \left| 1 - \frac{T_a \times C_b}{T_b \times C_a} \right|$$

In this formula,  $T_b$  is the number of insects in the bags before treatment,  $T_a$  the number of insects after treatment,  $C_b$  the number of insects from the control before treatment, and  $C_a$  the number of insects from the control after treatment. For treatments a, b, and c, control data taken after 48 hrs were used in the calculations whereas for treatments d, e, and f, control data were taken after 72 hrs.

The experiment was initiated on March 1 and finished on March 23, 1979 at the end of the cacao season.

## Results and Discussions

**Experiment 1 — Evaluation of insecticide sprays for the protection of bagged cacao.** Table 1 shows the effect of insecticide sprays against insect attack on bagged cacao beans. After 5 months there were no live insects in bags treated with chlorpyrifos-methyl and only a few insects were collected in bags treated with the other insecticides. Insect numbers were higher in bags treated with fenitrothion at a rate of 500 mg a.i./m<sup>2</sup> than in the other treated bags. During this storage period infestation in the untreated bags was low, averaging nine insects per bag.

After 7 months of storage infestation had increased in the untreated cacao bags. There were some insects alive in cacao bags treated with both dosages of fenitrothion and permethrin. Infestation was very low in bags treated with chlorpyrifos-methyl, whereas there were no live insects when pirimiphos-methyl was sprayed.

After 9 months of storage, infestation levels were still increasing in the untreated bags but they declined after the 10th month. For all periods up to 10 months of storage there were significantly higher numbers of insects in the untreated than in the treated bags.

In the last month of storage, data on insect species such as *C. dimidiatus* and *T. mauritanicus* were included in the analyses, because they were present in the untreated bags. Two other specimens of *C. dimidiatus* were found in a bag treated with permethrin 250 mg a.i./m<sup>2</sup>.

Since *T. castaneum* and *I. perniciosus* were the dominant species at all times,



Table 1 - Means of transformed insect counts following application of insecticides to cacao bags. Ilheus, Bahia, February, 1978 - December, 1978<sup>1/</sup>.

| Treatments          | a.i./m <sup>2</sup><br>(mg) | Period of cacao storage |                        |                        |                         |
|---------------------|-----------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|
|                     |                             | 5 months <sup>2/</sup>  | 7 months <sup>2/</sup> | 9 months <sup>2/</sup> | 10 months <sup>3/</sup> |
| Fenitrothion        | 500                         | 1.772 a <sup>4/</sup>   | 1.161 a                | 1.846 a                | 3.265 a                 |
| Fenitrothion        | 750                         | 1.354 a                 | 1.537 a                | 2.505 a                | 2.158 a                 |
| Permethrin          | 250                         | 1.287 a                 | 1.287 a                | 1.104 a                | 1.594 a                 |
| Permethrin          | 500                         | 1.183 a                 | 1.207 a                | 2.249 a                | 1.722 a                 |
| Pirimiphos-methyl   | 500                         | 1.183 a                 | 1.000 a                | 1.862 a                | 1.561 a                 |
| Chlorpyrifos-methyl | 500                         | 1.000 a                 | 1.104 a                | 1.596 a                | 1.390 a                 |
| Untreated check     | -                           | 3.099 b                 | 5.335 b                | 11.778 b               | 9.013 b                 |

<sup>1/</sup> Raw insect numbers transformed to  $\sqrt{x + 1}$ .<sup>2/</sup> Includes *E. cautella* + *T. castaneum* + *L. serricorne* + *A. advena*.<sup>3/</sup> Includes *E. cautella* + *T. castaneum* + *L. serricorne* + *A. advena* + *C. dimidiatus* + *T. mauritanicus*.<sup>4/</sup> Means followed by the same letter are not significantly different ( $p = 0.05$ ). Duncan's multiple range test.

a separate analysis was made of their numbers after 9 and 10 months of storage (Table 2). The population density of *L. serricorne* was ca. three times higher than the population density of *T. castaneum*. There were no *L. serricorne* in the bags treated with permethrin, 9 months after they had been sprayed, and a few were collected from bags treated with the other insecticides. However, there was an average of three cigarette beetles per bag sprayed with fenitrothion at 750 mg a.i./m<sup>2</sup>. Few *T. castaneum* were alive in the treatments except for the bags treated with permethrin (250 m a.i./m<sup>2</sup>). An average of 102 cigarette beetles per bag was recorded in the untreated bags.

Population density of *T. castaneum* was higher than that of *L. serricorne*

in the untreated bags after 10 months of storage. There was a statistically significant difference between the infestations of the treated and untreated bags. *L. serricorne* appeared in higher numbers in bags sprayed with fenitrothion 500 mg a.i./m<sup>2</sup> than in the other treatments, although there were no statistically significant differences among treatments.

The insect species recorded in the cacao bags were the same as those infesting the 24 downgraded cacao bags used as a source of infestation. Although *E. cautella* was not found in the bags used as a source of infestation it was found in very low numbers in the bags in the experiment.

The insect populations in the untreated bags increased with the time of

Table 2 - Means of transformed *L. serricorne* and *T. castaneum* counts following application of insecticides to cacao bags. Ilhéus, Bahia, February - December, 1978<sup>1/</sup>.

| Treatments          | a.i./m <sup>2</sup><br>(mg) | Period of cacao storage |         |           |         |
|---------------------|-----------------------------|-------------------------|---------|-----------|---------|
|                     |                             | 9 months                |         | 10 months |         |
|                     |                             | LS <sup>2/</sup>        | TC      | LS        | TC      |
| Fenitrothion        | 500                         | 1.250 a <sup>3/</sup>   | 1.104 a | 2.954 a   | 1.287 a |
| Fenitrothion        | 700                         | 1.809 a                 | 1.354 a | 1.675 a   | 1.287 a |
| Permethrin          | 250                         | 1.000 a                 | 1.000 a | 1.183 a   | 1.183 a |
| Permethrin          | 500                         | 1.000 a                 | 1.287 a | 1.000 a   | 1.516 a |
| Pirimiphos-methyl   | 500                         | 1.537 a                 | 1.354 a | 1.104 a   | 1.411 a |
| Chlorpyrifos-methyl | 500                         | 1.104 a                 | 1.366 a | 1.104 a   | 1.207 a |
| Untreated check     | -                           | 10.163 b                | 5.139 b | 5.570 b   | 6.196 b |

<sup>1/</sup> Raw insect numbers transformed to  $\sqrt{x + 1}$ .

<sup>2/</sup> LS = *L. serricorne*; TC = *T. castaneum*.

<sup>3/</sup> Means followed by the same letter are not significantly different ( $p = 0.05$ ).  
Duncan's multiple range test.

storage (Table 1) except for *L. serricorne* whose infestation level was higher in the bags sieved after 9 months of storage than in the bags sieved after 10 months of storage (Table 2). The decrease in number of *L. serricorne* after 10 months of storage could be due to the presence of *T. mauritanicus* which in the larval and adult form is a voracious predator on *L. serricorne* larvae (10).

Table 1 shows that cacao bags treated with chlorpyrifos-methyl, pirimiphos-methyl, and permethrin were less infested by all species than the bags treated with fenitrothion, although no statistical differences were found among treatments. The bags treated with permethrin at a dosage rate of 500 a.i./m<sup>2</sup> were not infested with *L. serricorne* (Table 2).

**Experiment 2 - Evaluation of fumigation on insect pests in bagged cacao beans using phosphine.** The levels of infestation by *E. cautella* on stored-cacao during the course of this experiment were very low. The evaluations were thus carried out for the control of beetles as a group and individually for *T. castaneum*, *A. advena*, *Carpophilus* spp. and *Cryptolestes ferrugineus* since these insects were present in higher numbers. In addition, the effect of fumigation on the predatory anthocorid bug, *Buchananiella sodalis*, was evaluated.

An analysis of variance made of the sample taken before fumigation showed no significant differences among the levels of beetle populations in the stacks (Table 3). The results showed

Table 3 - Means of transformed beetle counts following fumigation of cacao bags using phosphine. Ilhéus, Bahia, March, 1979<sup>1/</sup>.

| Treatments            | Before fumigation   | After fumigation       |
|-----------------------|---------------------|------------------------|
| 1 pellet/4 bags/48 hr | 12.64 <sup>2/</sup> | 3.185 ab <sup>3/</sup> |
| 1 pellet/5 bags/48 hr | 17.31               | 3.078 ab               |
| 1 pellet/6 bags/48 hr | 20.06               | 5.364 a                |
| 1 pellet/5 bags/72 hr | 19.12               | 4.242 ab               |
| 1 pellet/6 bags/72 hr | 17.56               | 2.689 b                |
| 1 pellet/7 bags/72 hr | 13.50               | 2.738 ab               |
| Untreated (48 hr)     | 18.02               | 15.630 c               |
| Untreated (72 hr)     | 14.09               | 11.298 d               |

<sup>1/</sup> Insect numbers transformed to  $\sqrt{x + 1}$ .

<sup>2/</sup> There was no statistical difference among treatments by F test.

<sup>3/</sup> Means followed by the same letter are not significantly different ( $p = 0.05$ ) Duncan's multiple range test.

that following fumigation there were no significant differences in the levels of beetle populations in the stacks treated for 48 hr or for 72 hr. The number of beetles were greater for untreated than for treated stacks.

Population levels of living *A. advena*, *T. castaneum*, *C. ferrugineus* and the anthocorid bug, *B. sodalis* were significantly reduced when compared with the untreated stacks (Table 4). However, there were no significant differences in population numbers of these insects in the treated stacks. Only the dosage rate of 1 pellet/4 bags significantly reduced the numbers of *Carpophilus* spp. in stacks treated for a 48 hr period. However, stacks treated with all the dosage rates of phosphine for a 72 hr period had the numbers of this insect highly reduced.

Results on the percentage of control due to phosphine against all the beetles

infesting the stacks are shown in Table 5. The infestation level was reduced by an average of 93.5% in stacks treated for 48 hr, and by an average of 94.5% for a 72 hr treatment period.

The results of the evaluation of fumigation showed a significant reduction in the numbers of live insects in the bagged cacao beans (Table 3 and 4). However, a few insects were still found alive after the period of exposure to the fumigant, mainly *Carpophilus* spp. which seems to be the most tolerant group of insects in this experiment. Only the higher dosage of phosphine for 48 hr gave good control of these beetles (Table 4). A greater exposure time is therefore required for a higher effectiveness against these insects when using lower dosages.

The placement of the Phostoxin<sup>®</sup> pellets at the bottom of the stacks was probably another factor influencing the

Table 4 - Means of transformed insect counts after fumigation of cacao bags using phosphine. Ilhéus, Bahia, March, 1979<sup>1/</sup>.

| Treatments            | AA <sup>2/</sup>      | TC      | CF      | CS       | BS      |
|-----------------------|-----------------------|---------|---------|----------|---------|
| 1 pellet/4 bags/48 hr | 2.821 a <sup>3/</sup> | 1.095 a | 1.137 a | 1.563 a  | 1.165 a |
| 1 pellet/5 bags/48 hr | 2.122 a               | 1.069 a | 1.095 a | 2.207 ab | 1.104 a |
| 1 pellet/6 bags/48 hr | 4.359 a               | 1.491 a | 1.000 a | 2.800 bc | 1.172 a |
| 1 pellet/5 bags/72 hr | 3.820 a               | 1.061 a | 1.130 a | 1.295 a  | 1.069 a |
| 1 pellet/6 bags/72 hr | 1.779 a               | 1.095 a | 1.104 a | 1.563 a  | 1.069 a |
| 1 pellet/7 bags/72 hr | 2.039 a               | 1.564 a | 1.034 a | 1.294 a  | 1.034 a |
| Untreated (48 hr)     | 13.209 b              | 6.478 b | 2.067 b | 3.046 bc | 3.388 b |
| Untreated (72 hr)     | 7.059 c               | 6.934 b | 2.416 b | 3.381 c  | 1.591 c |

<sup>1/</sup> Insect numbers transformed to  $\sqrt{x + 1}$ .

<sup>2/</sup> AA = *A. advena*, TC = *T. castaneum*, CF = *C. ferrugineus*, CS = *Carpophilus* spp., BS = *B. sodalis*.

<sup>3/</sup> Means followed by the same letter are not significantly different (p = 0.05). Duncan's multiple range test.

effectiveness of fumigation. Although the phosphine has a great diffusion power in all directions, it is heavier than the air, thus its concentration was probably lower at the top of the stacks where the bags were sampled for insect assessment.

The data obtained in this experiment showed that fumigation of bagged cacao beans using phosphine is an effective method of insect control (Table 5), considering that evaluation was on top of stacks, and pellets were distributed at the bottom.

Table 5 - Effect of fumigation of cacao bags using phosphine against Coleoptera. Ilhéus, Bahia, March, 1979.

| Treatments            | Insects before fumigation | Insects after fumigation | Percent control <sup>1/</sup> |
|-----------------------|---------------------------|--------------------------|-------------------------------|
| 1 pellet/4 bags/48 hr | 2324                      | 129                      | 92.35                         |
| 1 pellet/5 bags/48 hr | 3827                      | 115                      | 95.85                         |
| 1 pellet/6 bags/48 hr | 6286                      | 346                      | 92.41                         |
| 1 pellet/5 bags/72 hr | 5370                      | 217                      | 93.80                         |
| 1 pellet/6 bags/72 hr | 3513                      | 92                       | 95.98                         |
| 1 pellet/7 bags/72 hr | 2270                      | 90                       | 93.92                         |
| Untreated (48 hr)     | 4448                      | 3227                     | -                             |
| Untreated (72 hr)     | 2827                      | 1844                     | -                             |

<sup>1/</sup> Calculated by using the Henderson and Tilton (4) formula.



### Conclusions

1. Chlorpyrifos-methyl, pirimiphos-methyl, permethrin and fenitrothion sprayed on the bags were effective for the protection of bagged cacao beans.

2. Bags treated with chlorpyrifos-methyl, pirimiphos-methyl and permethrin were less infested than the bags treated with fenitrothion.

3. Permethrin was the most effective insecticide for the protection of bagged cacao beans against attack by *L. serricorne*.

4. The spraying of bags at intervals of 2 months with chlorpyrifos-methyl, pirimiphos-methyl and permethrin after an initial fumigation with phosphine gave good protection of the cacao beans for at least 10 months.

5. All the dosages of phosphine used in the experiment were effective in con-

trolling the populations of beetles associated with stored-cacao. However, efficacy can be improved by placing half of the pellets on top of stacks.

6. The dosage of 1 pellet/4 bags for 48 hr exposure as well as all the dosages for 72 hr exposure were effective in controlling *Carpophilus* spp.

7. The anthocorid bugs *Buchania-niella sodalis* was also controlled by all the dosages used in the experiment.

8. The time of exposure can be reduced to 48 hr without reducing the efficiency of treatments if the higher dosage (1 pellet/4 bags) is used.

9. Dosages lower than 1 pellet/5 bags, evaluated in this experiment, can be used if the time of exposure is maintained for 72 hr.

### Literature Cited

1. BROOKE, J.P., BREESE, M.H. and McFARLANE, J.A. 1962. Results of trials in Trinidad and Jamaica with a pyrethrins piperonyl butoxide emulsion to protect stored cacao beans from insect infestation. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 13:432 - 439.
2. CRANHAM, J.E. 1960. Insect infestation of stored raw cocoa in Ghana. *Bulletin of Entomological Research* 51:203 - 222.
3. HENDERSON, C.F. and TILTON, E.W. 1955. Tests with acaricides against the brown wheat mite. *Journal of Economic Entomology* 43(2):157 - 161.
4. KISIEDU, E.W. 1971. A comparison of dichlorvos and pyrethrum-fogs against some storage pests of cocoa beans. *In* International Cocoa Research Conference, 3rd., Accra, Ghana, 1969. Tafo, Ghana, CRI. pp. 686 - 693.
5. MOULD, H.A. and RAWNSLEY, J. 1962. The control of the cocoa moth *Ephestia cautella* in Ghana, W. Africa. *Pyrethrum Post* 6(4):7 - 10.
6. PIGATTI, A. 1960. Persistência do resíduo de metoxicloro em amêndoas de cacau. *Arquivo do Instituto Biológico (Brazil)* 27:55 - 58.
7. RAWNSLEY, J. 1968. Biological Studies in Ghana in the control of *Cadra cautella* (Wlk.), the tropical warehouse moth. *Ghana Journal of Agricultural Science* 1(2):155 - 159.

8. RAWNSLEY, J. and MOULD, H.A. 1965. The principles and practice of tropical cocoa storage. *In* International Congress of Entomology, 12th, London, 1964. Proceedings. London, s.e. pp. 635 - 636.
9. RILEY, J. 1968. A trial of dichlorvos pest strips for the control of insect pests of cocoa stored in a specially designed warehouse at Ikeja, Lagos. *In* Ibadan, Nigeria. Nigerian Stored Products Research Institute. Technical Report no. 1. pp. 15 - 20.
10. \_\_\_\_\_ 1969. Cocoa storage in Nigeria. Cocoa Grower's Bulletin no. 13: 20 - 25.
11. \_\_\_\_\_ and SIMMONS, E.A. 1967. The fumigation of large cocoa stacks in a specially designed cocoa warehouse using phosphine. *In* Ibadan, Nigeria. Nigerian Stored Products Research Institute. Technical Report no. 1. pp. 17 - 27.
12. SMITH, K.G. 1952. The spraying of cocoa beans with a macrodosage of DDT against *Ephesia* and *Tribolium*. Bulletin of Entomological Research 43: 313 - 315.

□ □ □

## Insect pollination of cacao in Costa Rica. 1. Preliminary list of the ceratopogonid midges collected from flowers<sup>1</sup>

Saulo de J. Soria<sup>2</sup>, Willis W. Wirth<sup>3</sup> and R. Keith Chapman<sup>4</sup>

### Summary

Lack of pollination is a limiting factor in the production of cacao in many parts of Central and South America. Although other insects such as thrips, ants and aphids may accidentally pollinate cacao flowers, in recent years some species of tiny *Forcipomyia* midges have been shown to be the most effective and important pollinators. As little was known about these midges, studies were conducted in Costa Rica to determine the kind and numbers of midges visiting cacao flowers in field conditions. Species of four *Forcipomyia* midges were found to pollinate cacao flowers at Turrialba, Costa Rica, in the following decreasing order of effectiveness when numbers and frequency of pollinating activity were considered: a) *F. (Euprojoannisia) blantoni* (efficiency factor of 106); b) *F. (Warmkea) tuberculata* (38); c) *F. (Thyridomyia) spp.* (25); and d) *F. (Microhelea) fuliginosa* and *F. (Forcipomyia) spp.* (23). Non-pollinating midges, including some in the above subgenera, were 10 times as numerous as pollinating midges in collections from cacao flowers. It is concluded that the aforementioned pollinating species should be protected and their reproduction encouraged to raise the levels of natural pollination in Costa Rica.

**Key words:** *Theobroma cacao*, pollination, *Forcipomyia*

### Polinização entomófila do cacaueiro na Costa Rica.

#### 1. Lista preliminar de mosquinhas ceratopogonídeas coletadas das flores

### Resumo

A falta de polinização natural constitui fator limitante na produção de cacau em muitas regiões das Américas Central e do Sul. Embora outros insetos tais como tripses, formigas e afídeos possam realizar polinização acidental, algumas espécies de mosquinhas *Forcipomyia* têm sido ulti-

---

<sup>1</sup>Extracted from the senior author's Ph.D. Dissertation, University of Wisconsin, Madison, U.S.A. Financial support was supplied by the American Cocoa Research Institute and by the Schoenleber Foundation of Wisconsin, U.S.A. Cooperation of the Inter-American Institute of Agricultural Sciences of the Organization of the American States is gratefully acknowledged.

<sup>2</sup>Divisão de Zoologia Agrícola, Centro de Pesquisas do Cacau (CEPEC), Caixa Postal 7, 45600, Itabuna, Bahia, Brasil.

<sup>3</sup>Systematic Entomology Laboratory, IIBIII, Agr. Res., Sci. & Educ. Admin., USDA, c/o U.S. National Museum, Washington D.C. 20560, U.S.A.

<sup>4</sup>Department of Entomology, University of Wisconsin, Madison, Wisconsin 53706, U.S.A.

mamente reconhecidas como os polinizadores mais eficientes deste cultivo. Tomando em consideração que estas mosquinhas eram pouco conhecidas na Costa Rica e outras partes da América Central estudos foram iniciados para determinar a classe e número de mosquinhas que visitam as flores do cacaueteiro em condições naturais. Foram determinadas as seguintes espécies de *Forcipomyia* polinizadoras, agrupadas em ordem decrescente de importância: *F. (Euprojoannisia) blantonii* (fator de eficiência 106); *F. (Warmkea) tuberculata* (38), *F. (Thyridomyia)* spp. (25), *F. (Microhelea) fuliginosa* e *F. (Forcipomyia) spp.* (23). Mosquinhas não polinizadoras coletadas das flores, algumas dentro das espécies e grupos mencionados, foram 10 vezes mais numerosas que as polinizadoras. Conclui-se que as espécies polinizadoras mencionadas devem ser protegidas e sua reprodução natural estimulada para que níveis crescentes de população e correspondentes níveis crescentes de polinização resultem em níveis mais altos de produção do cacau.

**Palavras-chave:** *Theobroma cacao*, polinização, *Forcipomyia*

### Introduction

*Forcipomyia* midges (Diptera: Ceratopogonidae) are, according to the literature (Hernandez, 1965; Free, 1970; Entwistle, 1972; McGregor, 1976; Bystrak and Wirth, 1978), the most efficient pollinators of cacao (*Theobroma cacao* L.) in Costa Rica and in other cacao growing areas. Natural pollination, however, seems to be a limiting factor in the production of cacao in some areas of Costa Rica due to the scarcity of *Forcipomyia* midges (Saunders and Bowman, 1956). Poor pollination in cacao plantations also has been reported from Trinidad (Billes, 1941), Brazil (Vello, 1969) and observed personally by the senior author in Colombia, Ecuador, and the State of Tabasco, Mexico. The nature of the relationships between *Forcipomyia* midges and the cacao flowers is not well known, and ecological and life history studies on the insects are greatly needed to determine the exact species responsible for pollination and to devise cultural practices to increase their populations.

Taxonomic diagnoses of Costa Rican midges was initially carried out by Saunders (1956, 1959) who described

characteristics for midges of the genus *Forcipomyia* and for the first time reliably classified the species into a number of subgeneric groups.

The objective of the present work was to offer a preliminary taxonomic diagnosis of the midges collected from flowers in Costa Rica.

### Material and Methods

In this paper it is reported studies by the senior author conducted in the Pejivallal cacao plantation of the Inter-American Institute of Agricultural Sciences near Turrialba, Costa Rica. To determine what midges were present in a 874-tree area, daily collections of midges were made simultaneously by two people from 7:30 to 9:30 am, for 121 days from 23 June to 30 November 1966.

All flowers up to the height of 1.8 m were checked for the presence of midges working or resting on trees selected for sampling on a particular day. Observations of the trees were made at random throughout the study area with about 180 trees being checked on each sampling date. However, about 50% of trees



were in blossom at any one time and consequently only an average of 90 trees was observed on each sample day. Pollinating activity was determined by observing whether the midges deposited pollen masses while feeding on the inner parts of the flower. Once a midge was discovered, it was captured by swiftly enclosing the flower in a one-inch diameter vial. A preliminary taxonomic determination using a dissecting microscope was then carried out in the laboratory.

According to the method of Saunders (1959) the head, a wing, and the abdomen of every female midge were split off from the body and oriented under a dissecting microscope for measurement and identification. The male genitalia within the last three abdominal segments were isolated to allow observation of the internal and external structures under high magnification. All structures were mounted under cover slips on microscope slides in a 0.50/0.50 volumetric mixture of Canada Balsam and phenol according to the method described by Wirth (1952).

In the descriptions that follow, measurements and ratios are defined as follows (Wirth, 1952): Tarsal ratio (TR) is the result of dividing the length of the first tarsomere of the hind leg by the length of the second. Antennal ratio (AR) is the result of dividing the combined lengths of the five distal flagellomeres by the combined lengths of the eight proximal flagellomeres. The length of the wing is measured from the basal arculus to the wing tip; the costal ratio (CR) is the result of dividing the distance from the basal arculus to

the end of the second radial cell by the wing length. The palpal ratio (PR) of the female is the result of dividing the length of the third palpal segment by its maximum width. Taxonomic ratios defined thus are the same as those used by Chan and Le Roux (1965) and other ceratopogonid taxonomists.

Publication of the work on Costa Rican midges was delayed until all stages of the species representative of the Brazilian subgenera found in Bahia have been laboratory reared. (Wirth, 1970, 1972; Soria and Wirth, 1975; Wirth and Soria, 1975, 1979; Wirth and Waugh, 1976; Wirth and Ratanaworabhan, 1978; Bystrak and Wirth, 1978).

## Results

Midges were found singly in 2,562 (Table 1) out of 130,714 flowers checked during the 121 day sampling period from 23 June to 30 November 1966. Eight of the 12 groups listed, representing 84% of the total specimens, showed no pollination activity. Varying amounts of pollinating activity were observed in the following four pollination groups: a) *F. (Euprojoannisia) blantoni* Soria and Bystrak (62%); b) a pool containing *F. (Microhelea) fuliginosa* (Meigen) and *Forcipomyia (Forcipomyia) spp.* (46%); c) *F. (Warmkea) tuberculata* Saunders (45%); and d) *Forcipomyia (Thyridomyia) spp.* (23%).

The comparative efficiency of pollination of the four *Forcipomyia* pollinator groups would be in proportion to the number of midges found in each group multiplied by the percent

Table 1 - Midges recorded in cacao flowers, and their pollinating activity, in the Pejivallal plantation, Turrialba, Costa Rica, 23 June - 30 November 1966.

|                                                              | SPECIMENS    |            |                         |                                              |
|--------------------------------------------------------------|--------------|------------|-------------------------|----------------------------------------------|
|                                                              | Total number | % of total | % in act of pollination | Relative efficiency in pollination <u>a/</u> |
| Cecidomyiid gall midges                                      | 1,801        | 72.6       | 0                       | -                                            |
| <i>Forcipomyia</i> ( <i>Euprojoannisia</i> ) <i>blantoni</i> | 171          | 6.7        | 62                      | 106                                          |
| <i>Stilobezzia</i> spp.                                      | 163          | 6.4        | 0                       | -                                            |
| <i>F.</i> ( <i>Thyridomyia</i> ) spp.                        | 108          | 4.2        | 23                      | 25                                           |
| <i>F.</i> ( <i>Warmkea</i> ) <i>tuberculata</i>              | 85           | 3.3        | 45                      | 36                                           |
| <i>F.</i> ( <i>Forcipomyia</i> ) sp.                         | 50           | 2.0        | 46                      | 23                                           |
| <i>F.</i> ( <i>Microhelea</i> ) <i>fuliginosa</i>            |              |            |                         |                                              |
| <i>Atrichopogon</i> spp.                                     | 44           | 1.7        | 0                       | -                                            |
| <i>F.</i> ( <i>Lasiohelea</i> ) <i>styliifera</i>            | 42           | 1.6        | 0                       | -                                            |
| Miscellaneous diptera                                        | 24           | 0.9        | 0                       | -                                            |
| Chironomidae                                                 | 8            | 0.3        | 0                       | -                                            |
| <i>Culicoides</i> spp.                                       | 6            | 0.2        | 0                       | -                                            |

a/ The factors for relative efficiency in pollination were derived by multiplying the number of specimens present by the number observed in the act of pollination.

observed in the act of pollination (Table 1). Thus, *Forcipomyia blantoni* midges with 171 specimens of which 62% were found pollinating flowers, would be more efficient in total pollination (with a pollination efficiency factor of 106) than the other three groups pooled together. On the same comparative basis the latter three groups would have efficiency factors of 36, 25, and 23 respectively for *F. tuberculata*, *F. (Thyridomyia)* spp., and pooled *F. (Microhelea)* and *F. (Forcipomyia)* spp.

Measurements of wing (0.8 x 0.3 mm), AR (1.0), TR (2.0) and the uniform dull brownish colour characterize the

adult females of *F. (Euprojoannisia) blantoni*. The conclusion that the above combination of characters are species specific was strengthened after laboratory rearings. Taxonomic characteristics of *F. (Thyridomyia)* spp. females indicated a wider range of variation in size and color, but most of the midges were rather small (wing 0.6-0.7 x 0.3 mm, TR 2.4-3.2, and AR 1.1), and most of them were yellowish; re-examination of a portion of this material revealed the presence in nearly equal numbers of 3-4 distinct species (Wirth, 1970). *F. (Warmkea) tuberculata* (wing 1.2 x 0.4 mm, TR 1.4, AR 2.1, single spermatheca in female), one of the

largest midge pollinators, was not previously reported pollinating cacao flowers. The fourth pollinator group, a complex containing *F. (Microhelea) fuliginosa*, *F. (F.) genualis* (Loew), and several other species of the subgenus *Forcipomyia* s. str., was distinguished by a wing approximately 1.1 x 0.4 mm, and TR about 0.50, as well as dark patches of scales on the wings, and a pattern of pale and dark areas on the body and legs. *F. (Lasiohelea) stylifera* (Lutz) was a non-pollinator species recognized by its wing 1.2 x 0.4 mm, unusually long basitarsus (TR 2.4), and short proximal antennal segments (AR 1.8).

A morphological characteristics particularly important for pollination is the size of the midge. The size of the pollinator midges varies considerably within the genus *Forcipomyia*. Taxonomists found the size of the wing (length x width) a most reliable measure to indicate the size of the midge (Saunders, 1959). This size varies from 1.2 x 0.4 mm in *Warmkea*, *Microhelea* and *Forcipomyia* s. str., to 0.6 x 0.3 mm in the tiny *Thyridomyia* midges. *F. (Euprojoannisia) blantoni*, the most efficient pollinator, was intermediate in size (0.9 x 0.3 mm). Small cacao flowers do not allow big *Warmkea* midges to walk and probe on the inner surfaces of the flower, whereas a tiny *Thyridomyia* midge is too small to perform efficient pollination in a big flower. The intermediate size of *Euprojoannisia* seems to be the most efficient for cacao pollination. The abundance of setae on the mesonotum of the midges is also an important morphological character-

istic that helps to gather pollen from the flowers.

All other listed taxonomic groups in Table 1, i.e. cecidomyid gall midges, *Stilobezzia* spp., *F. (Lasiohelea) stylifera*, chironomid midges, *Culicoides* spp., and a few miscellaneous undetermined midges represented 84% of the total 2,562 collected individuals, and they never were found pollinating flowers. If percent midges present were translated into statistical probability, it could be said that from five chances of finding a diptera midge on a cacao flower, there is only one chance of finding a true pollinator.

Additional collections of midges and other small Diptera were made by Hernandez (1965) in Pejivallal and nearby cacao plantations at Turrialba from July 1964 to January 1965 (Table 2). These flies were determined by Wirth, and the identifications were made available for this study by permission of Hernandez (1966, personal communication). Numbers of *F. (Euprojoannisia) blantoni* were comparatively far greater in Hernandez's collections (Table 2) as compared to the present study (Table 1). This resulted because Hernandez was not interested in the relative frequency of the difference midges visiting cacao, but in collecting midges for rearing studies, and the counts also included some laboratory reared midges. The relative frequency shown in Table 2 therefore has much less comparative value than that in Table 1.

### Conclusions

Species of four groups of *Forcipomyia*

Table 2 - Insect species recorded in cacao flowers by Hernandez in 1966 and determined by Wirth in 1966.

| Group                                                        | Total number<br>of specimens <u>1/</u> | % of<br>Total |
|--------------------------------------------------------------|----------------------------------------|---------------|
| <i>Forcipomyia</i> ( <i>Euprojoannisia</i> ) <i>blantoni</i> | 241                                    | 69.2          |
| <i>F.</i> ( <i>Thyridomyia</i> ) spp. 1 and 2                | 27                                     | 7.8           |
| <i>Dasyhelea</i> spp.                                        | 17                                     | 4.9           |
| Cecidomyiidae                                                | 15                                     | 4.3           |
| <i>Atrichopogon</i> spp.                                     | 10                                     | 2.9           |
| Thysanoptera                                                 | 10                                     | 2.9           |
| <i>F.</i> ( <i>Thyridomyia</i> ) <i>nana</i> Macfie          | 8                                      | 2.3           |
| <i>F.</i> ( <i>Forcipomyia</i> ) spp.                        | 8                                      | 2.3           |
| <i>F.</i> <i>Metaforcipomyia</i> spp.                        | 2                                      | 0.6           |
| <i>Culicoides</i> spp.                                       | 2                                      | 0.6           |
| Chironomidae                                                 | 2                                      | 0.6           |
| <i>F.</i> ( <i>Trichohelea</i> ) sp.                         | 1                                      | 0.3           |
| <i>F.</i> ( <i>Microhelea</i> ) <i>fuliginosa</i>            | 1                                      | 0.3           |
| <i>F.</i> ( <i>Lasiohelea</i> ) <i>styliifera</i>            | 1                                      | 0.3           |
| <i>Brachypogon</i> sp.                                       | 1                                      | 0.3           |
| Psychodidae                                                  | 1                                      | 0.3           |
| Sphaeroceridae                                               | 1                                      | 0.3           |

1/In addition to the field collections, Hernandez reared some of the *Forcipomyia* spp. in the laboratory. Thus the figures cannot be used to denote exact comparative abundance of the midges in the field.

*myia* (roughly equivalent to subgenera) were found to pollinate cacao flowers at Turrialba, Costa Rica, in the following decreasing order of effectiveness when numbers and frequency of pollinating activity were considered: a) *F.* (*Euprojoannisia*) *blantoni* (106); b) *F.* (*Warmkea*) *tuberculata* (38); c) *F.* (*Thyridomyia*) spp. (25) and *F.* (*Microhelea*) and *F.* (*Forcipomyia*) s. str.

(23). Non-pollinating midges, some even in the subgenera listed above, were 10 times as numerous as pollinators in collections from cacao flowers.

It is concluded that the mentioned pollinating species should be protected and their reproduction encouraged to raise the levels of natural pollination in Costa Rica.

### Acknowledgments

This contribution is dedicated to the memory of Prof. Dr. Leslie G. Saunders from Canada who organized the first steps of the cacao pollinator studies in Costa Rica, and to Dr. Jorge Hernandez-B. from Mexico who made available to us records from his Costa Rican studies.



## Literature Cited

1. BILLES, D.J. 1941. Pollination of *Theobroma cacao* L. in Trinidad, W.I. Tropical Agriculture (Trinidad and Tobago) 18:151 - 156.
2. BYSTRAK, P.G. and WIRTH, W.W. 1978. The North American species of *Forcipomyia*, subgenus *Euprojoannisia* (Diptera: Ceratopogonidae). United States Department of Agriculture. Technical Bulletin 1591: 1 - 51.
3. CHAN, K.L. and LE ROUX, E.J. 1965. Description of *Forcipomyia* (*Neoforcipomyia*) sp. n. and redescription of *Forcipomyia* (*Neoforcipomyia*) *eques* (Johannsen) (Diptera, Ceratopogonidae) with an account of the digestive and reproductive systems. Phytoprotection 46:74 - 104.
4. ENTWISTLE, P.F. 1972. Pests of cocoa. London, Longman. 779 p.
5. FREE, J.B. 1970. Insect pollination of crops. New York, Academic Press. 544 p.
6. HERNANDEZ, J. 1965. Insect pollination of cacao (*Theobroma cacao* L.) in Costa Rica. Ph.D. Thesis. Madison, University of Wisconsin. 167 p.
7. MCGREGOR, S.E. 1976. Insect pollination of cultivated crop plants. United States Department of Agriculture. Agriculture Handbook no. 496. 411 p.
8. SAUNDERS, L.G. and BOWMAN, G.F. 1956. Cacao pollination Costa Rica. San José, Costa Rica, Banco de Costa Rica. 13 p.
9. ————. 1956. Revision of the genus *Forcipomyia* based on characters of all stages. Canadian Journal of Zoology 34:657 - 705.
10. ————. 1959. Methods for studying *Forcipomyia* midges with special reference to cacao pollinating species (Diptera, Ceratopogonidae). Canadian Journal of Zoology 37: 33 - 51.
11. SORIA, S. de J. and WIRTH, W.W. 1975. Ciclos de vida dos polinizadores do cacaueiro *Forcipomyia* spp. (Diptera, Ceratopogonidae) e algumas anotações sobre o comportamento das larvas no laboratório. Revista Theobroma (Brasil) 5(4):3 - 22.
12. VELLO, F. 1971. Observações sobre polinização de cacaueiro na Bahia. In International Cocoa Research Conference, 3rd. Accra, Ghana, 1969. Tafo, Ghana, Cocoa Research Institute. pp. 565 - 575.
13. WIRTH, W.W. 1952. The Heleidae of California. California. University of California. Publications in Entomology 9:95 - 266.
14. ————. 1970. The Neotropical *Forcipomyia* midges of the subgenus *Thyridomyia* Saunders (Diptera, Ceratopogonidae). Studia Entomologica 13:429 - 440.
15. ————. 1972. The Neotropical *Forcipomyia* (*Microhelea*) species related to the caterpillar parasite *F. fuliginosa* (Diptera: Ceratopogonidae). Annals of the Entomological Society of America 65:564 - 577.
16. ————. and SORIA, S. de J. 1975. A new Neotropical *Forcipomyia* midge closely related to *F. (F.) genualis* (Loew) (Diptera: Ceratopogonidae). Revista Theobroma (Brasil) 5(2):19 - 27.
17. ————. and WAUGH, W.T. 1976. Five new Neotropical *Dasyhelea* midges (Diptera: Ceratopogonidae) associated with culture of cocoa. Studia Entomologica 19:223 - 236.
18. ————. and RATANAWORABHAN, N.C. 1978. Studies on the genus *Forcipomyia* V. Key to subgenera and description of a new subgenus related to *Euprojoannisia*

Brethes (Diptera: Ceratopogonidae). Proceedings of the Entomological Society of Washington 80:493 - 507.

19. WIRTH, W.W. and SORIA, S. de J. 1979. Studies on the genus *Forcipomyia* VI. The Neotropical species of the subgenus *Warmkea* (Diptera: Ceratopogonidae). Revista Theobroma (Brasil) 9:137 - 161.

□ □ □

## **Redistribuição e lixiviação de fungicida à base de cobre aplicado sobre cacau por via aérea e terrestre**

*Oswaldo Manuel Santos<sup>1</sup> e Arnaldo Gomes Medeiros<sup>2</sup>*

### **Resumo**

Como parte do programa de estudos de eficiência da pulverização aérea no controle da podridão parda, foi elaborado um projeto objetivando avaliar o efeito da precipitação pluvial sobre a redistribuição e lixiviação de fungicida à base de cobre aplicado sobre cacau. O experimento foi delineado em blocos casualizados, com quatro tratamentos, distribuídos em arranjo fatorial, e três repetições. O fungicida foi aplicado mensalmente durante 5 meses. Os dados do teor de cobre lixiviado por tratamento estão expressos em cinco "períodos", cada um deles constando do agrupamento das três determinações semanais subseqüentes a cada pulverização mensal. Os resultados mostram diferença significativa entre alguns dos tratamentos para lixiviação de cobre na copa e tronco dos cacaueiros, sendo o tratamento ultrabaixo volume, aplicação terrestre, o que apresentou maiores teores de cobre. Houve também diferenças significativas entre períodos para lixiviação de cobre na copa e tronco dos cacaueiros e para cobre lixiviado no solo a 5 e 15 cm de profundidade. Não foi observada diferença para lixiviação de cobre na copa, tronco e solo de cacaueiros ao sol e à sombra. A possibilidade de controle da podridão parda por fungicida aplicado por via aérea é discutida.

*Palavras-chave:* *Theobroma cacao*, fungicida cúprico, pulverização aérea, lixiviação, redistribuição

## **Redistribution and leaching of cuprous oxide fungicide in a cacao plantation following aerial and ground spraying**

### **Summary**

The effect of rainfall on the redistribution and leaching of monthly applied cuprous oxide fungicide was evaluated as part of a study on the efficiency of aerial spraying in the control of cacao black pod disease. Treated areas included both shaded and unshaded cacao trees. The experiment was designed in random blocks with four treatments in a factorial arrangement and three replications. Levels of leached copper were expressed for each of the 5 months of the experiment and represented as accumulated values ("periods") of 3 weekly determinations in each month. The treatment ultra low volume, ground spraying, resulted in the highest amounts of leached copper. When the treatments were compared, the amount of leached copper from the cacao canopy and trunk and in the depths of 5 and 15 cm in the soil was found to be significantly

---

<sup>1</sup> Divisão de Botânica, Centro de Pesquisas do Cacau (CEPEC), Caixa Postal 7, 45.600, Itabuna, Bahia, Brasil.

<sup>2</sup> Divisão de Fitopatologia, CEPEC. Falecido em 5 de novembro, 1978.

different in some of the treatments in the various periods. When shaded and unshaded cacao trees were compared, no significant differences were observed in the amount of copper leached from the canopy, trunk and soil. The possibility of improved control of black pod disease by aerial spraying of fungicide is discussed.

**Key words:** *Theobroma cacao*, copper fungicides, aerial spraying, lixiviation, redistribution

### Introdução

Com o intuito de reduzir a epidemia da podridão parda do cacaueiro (*Theobroma cacao* L.), causada pelo fungo *Phytophthora palmivora* (Butl.) Butl., tenta-se, no momento, no Sul da Bahia, a aplicação massal de fungicida por via aérea. Esta prática está fundamentada na suposição de que ocorra uma cobertura efetiva da copa das árvores no momento da aplicação do fungicida, com posterior redistribuição por todas as partes da planta e atingindo o solo, que é uma fonte de inóculo de *P. palmivora*.

A prática de aplicação aérea de fungicida tem sido testada em outros cultivos com bons resultados (1, 2, 4). Pereira (2) realizou estudos da redistribuição de fungicida, aplicado por via aérea, em plantações de café e observou que o fungicida depositado sobre a copa das árvores era redistribuído para as partes inferiores da planta.

O presente trabalho objetivou determinar a ação da precipitação pluvial na redistribuição e lixiviação de fungicida à base de cobre sobre o tronco, copa e solo de cacau tratado por via aérea e terrestre.

### Material e Métodos

**Área estudada.** Como parte do programa de estudos para avaliação da eficiência da pulverização aérea no contro-

le da podridão parda, desenvolvido pela Divisão de Fitopatologia do Centro de Pesquisas do Cacau (CEPEC), foi instalado um experimento na Fazenda São Pedro, na localidade de Banco do Pedro, Município de Ilhéus, Bahia. Foi selecionada uma área-foco de podridão parda de 40 ha, constituída por cacaueiros safreiros, tipo "Comum", sombreados. Esta área vinha sofrendo aplicações anuais normais de cobre Sandoz, segundo as recomendações do CEPEC para controle da podridão parda, existindo, assim resíduos do fungicida na plantação.

**Tratamentos.** Os tratamentos utilizados para medirem a redistribuição do cobre no presente experimento constaram de: 1) testemunha sem aplicação de fungicida; 2) baixo volume, 4 g de cobre metálico (óxido cuproso) por cacaueiro/aplicação, na razão de 20 l/ha, aplicados por helicóptero (BV-H<sub>4</sub>); 3) baixo volume, 8 g de cobre metálico (óxido cuproso) por cacaueiro/aplicação, na razão de 40 l/ha aplicados por helicóptero (BV-H<sub>8</sub>); e 4) ultrabaixo volume, 4 g de cobre metálico (óxido cuproso) por cacaueiro/aplicação, na razão de 12 l/ha via terrestre, aplicados por nebulizador costal motorizado com bomba centrífuga (UBV-N<sub>4</sub>). Cada tratamento foi dividido em três subtratamentos: T<sub>1</sub> (cacaueiros sombreados), T<sub>2</sub> (cacaueiros não sombreados) e T<sub>3</sub> (árvores de sombra). No subtrata-



mento  $T_1$ , foram tomados quatro cacaueiros próximos às árvores de sombra, em posições simétricas às mesmas. No subtratamento  $T_2$ , foram tomados quatro cacaueiros entre as linhas das árvores de sombra, de maneira a não serem influenciados pelas mesmas. No subtratamento  $T_3$ , foi escolhida uma árvore de sombra isolada. Cada subtratamento foi repetido três vezes.

**Dados técnicos das aplicações aérea e terrestre.** A aplicação do fungicida foi feita por um helicóptero "ipo Hughes 500 C. A velocidade desenvolvida durante a aplicação foi de 45 nós, a uma altura de 5 m acima da copa das árvores de sombra, em faixas de 28 m. Utilizou-se uma barra de 42 bicos D 6, cores 45, que aplicava cobre a uma razão de 4 g por planta no tratamento BV-H<sub>4</sub> e 8 g por planta no tratamento BV-H<sub>8</sub>. Na aplicação terrestre, foi usado um nebulizador costal motorizado com bomba centrífuga.

As aplicações foram em número de cinco, assim distribuídas: 28 de abril, 27 de maio, 27 de junho, 24 de julho e 26 de agosto. Os dados do teor de cobre lixiviado por tratamento foram expressos em cinco períodos, cada um deles resultante do agrupamento das três determinações semanais subsequentes a cada pulverização mensal.

**Medida da precipitação.** Para a determinação da precipitação diária sobre a área foram instalados três pluviômetros, a uma distância de aproximadamente 600 m das áreas experimentais.

**Determinação de água de escoamento do tronco.** Para determinar a

água de escoamento pelo tronco e o seu teor de cobre, foram instalados dois coletores, ao redor do tronco dos cacaueiros, nos subtratamentos  $T_1$  e  $T_2$ ; no subtratamento  $T_3$  não foi possível a determinação devido ao grande diâmetro do tronco das árvores e também às protuberâncias existentes nos mesmos, que impossibilitavam a aderência do aparelho. Os coletores foram construídos com isopor e presos ao tronco com massa de calafetar, a uma altura de 0,50 m acima do solo. Um tubo plástico de 3/4" dava vazão à água escoada pelo tronco até um recipiente fechado, com capacidade para 5 litros. As amostras eram coletadas semanalmente. Entretanto, após cada chuva superior a 15 mm, efetuava-se uma coleta extra. Uma amostra de 100 ml de cada recipiente era retirada, após agitação do mesmo, e levada ao laboratório para determinação do teor de cobre. O volume total de água em cada recipiente era medido no momento da coleta de amostras.

**Determinação da água de percolação da copa.** Foram instalados quatro coletores sob a copa dos cacaueiros nos subtratamentos  $T_1$  e  $T_2$  e um coletor sob a copa de uma árvore de sombra no subtratamento  $T_3$ . Os coletores foram construídos com tubos de PVC rígido, de 6 polegadas de diâmetro. Cada um deles tinha 1,0 m de comprimento e era vedado nas duas extremidades, possuindo uma abertura de 5,0 cm na parte superior, por onde a água percolada da copa era coletada. Um orifício existente em uma das extremidades do tubo dava vazão à água coletada, através de um tubo plástico de 3/4", para um recipien-

te com capacidade para 5 litros. Os coletores foram instalados sobre suportes de madeira, a 1,0 m acima do solo e apresentavam uma inclinação de 1% para permitir o escoamento completo da água coletada no tubo. Amostras de 100 ml eram retiradas semanalmente de cada recipiente, após agitação do mesmo, e levadas ao laboratório para determinar o teor de cobre. Durante a coleta das amostras, o volume total de água em cada recipiente era medido.

**Lixiviação no solo.** Lisímetros de tubos de PVC rígido, de 3 polegadas de diâmetro e 30 cm de comprimento, abertos em calha foram instalados a três profundidades: 5 cm, 15 cm e 30 cm. Uma tela de "nylon" foi colocada na abertura superior dos lisímetros, para impedir entupimentos. Os lisímetros foram vedados nas duas extremidades e, em uma delas, foi inserido um tubo plástico de 3/4", por onde escoava a água coletada em um recipiente com capacidade para 2 litros. Os lisímetros foram instalados seguindo uma linha inclinada, de maneira a não ficarem sobrepostos. Durante a coleta semanal, era medido o volume total de água em cada recipiente e, após agitação do mesmo, uma amostra de 100 ml era retirada e levada ao laboratório para determinação do teor de cobre.

**Análise de cobre em laboratório.** De cada amostra de 100 ml, foi tomada uma alíquota de 10 ml. Essa quantidade de água era evaporada, sendo então adicionados 5 ml de ácido clorídrico concentrado e 5 ml de uma mistura de ácido perclórico e ácido nítrico concen-

trados, na proporção de 1:5 (V:V). O material era atacado até permanecer no béquer uma quantidade aproximada de 1 – 2 ml, sendo então transferido para um balão de 25 ml e o volume completado com água oidestilada. O cobre era dosado em espectrofotômetro de absorção atômica Perkin-Elmer, modelo 403.

### Resultados e Discussão

A Figura 1 mostra os teores de cobre lixiviado pela água de percolação da copa de árvores de sombra, da copa de cacaueiros ao sol e da copa de cacaueiros sombreados. Observa-se que quanto maior é a chuva maior é o teor de cobre lixiviado. Isto mostra que o depósito primário da pulverização é redistribuído pela água de chuva. O processo é rápido, atingindo o solo, onde há concentração de cobre nas camadas superficiais, sendo evidente que parte do fungicida lixiviado da copa é depositado em níveis mais baixos da própria copa. Os resultados mostram (Figuras 1, 2, 3 e 4) que não houve diferença significativa ( $P = 0,05$ ) para lixiviação de cobre da copa, do tronco e do solo de cacaueiros ao sol e à sombra. Isto porque o cobre depositado na copa das árvores de sombra durante a pulverização foi lixiviado para a copa e o tronco dos cacaueiros e para o solo pela ação da chuva. Foi observada diferença significativa ( $P = 0,05$ ) entre os tratamentos UBV- $N_4$ , BV- $H_8$  e testemunha. No tratamento UBV- $N_4$ , foram encontrados os maiores teores de cobre, devido à superposição do cobre, no momento da pulverização, por deriva do helicóptero. Esse fato foi constatado também no tratamento testemunha, que

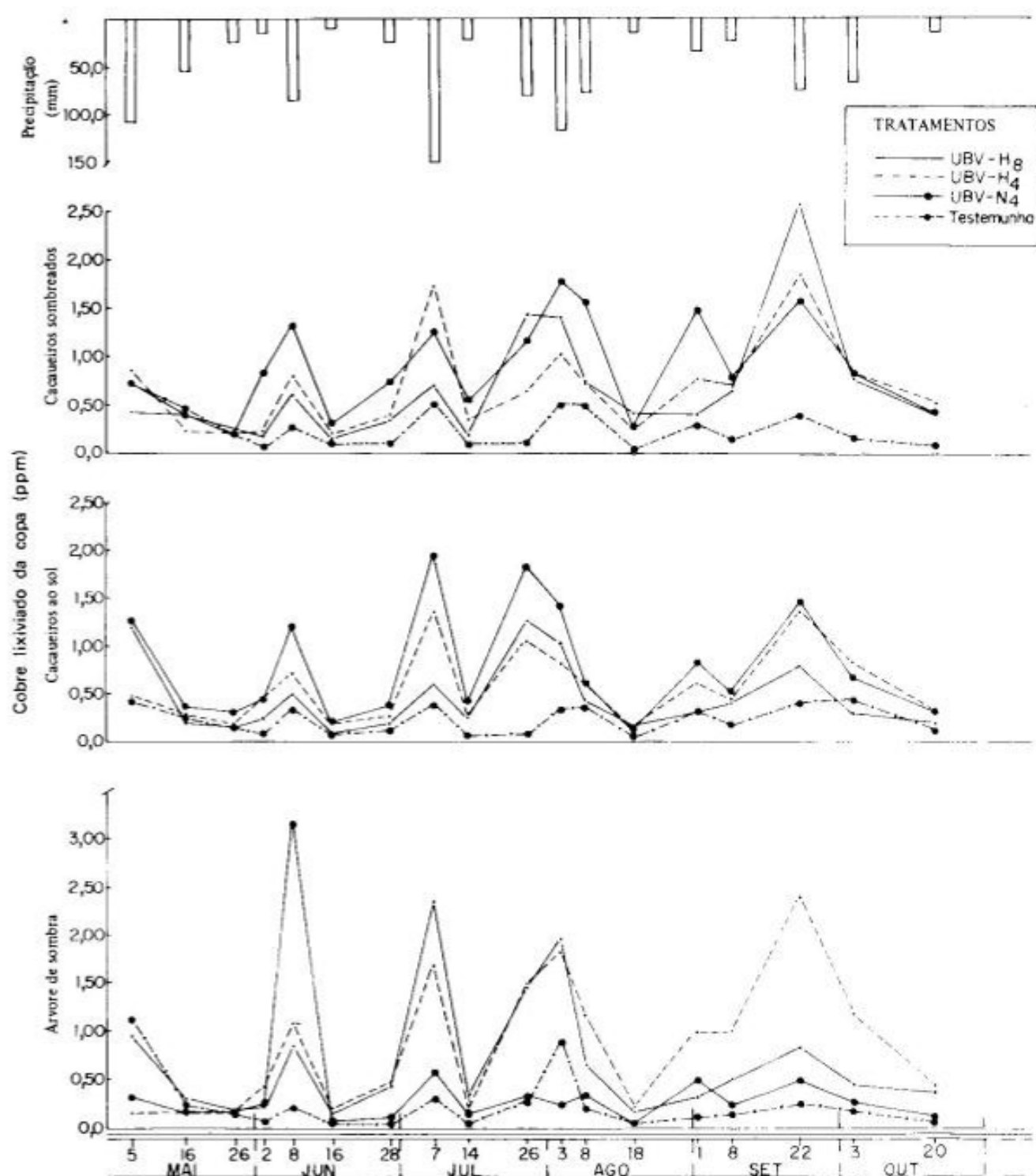


Figura 1 – Precipitação pluvial semanal e cobre lixiviado pela água de percolação da copa de cacaueiros sombreados, ao sol e árvores de sombra nos diversos tratamentos.

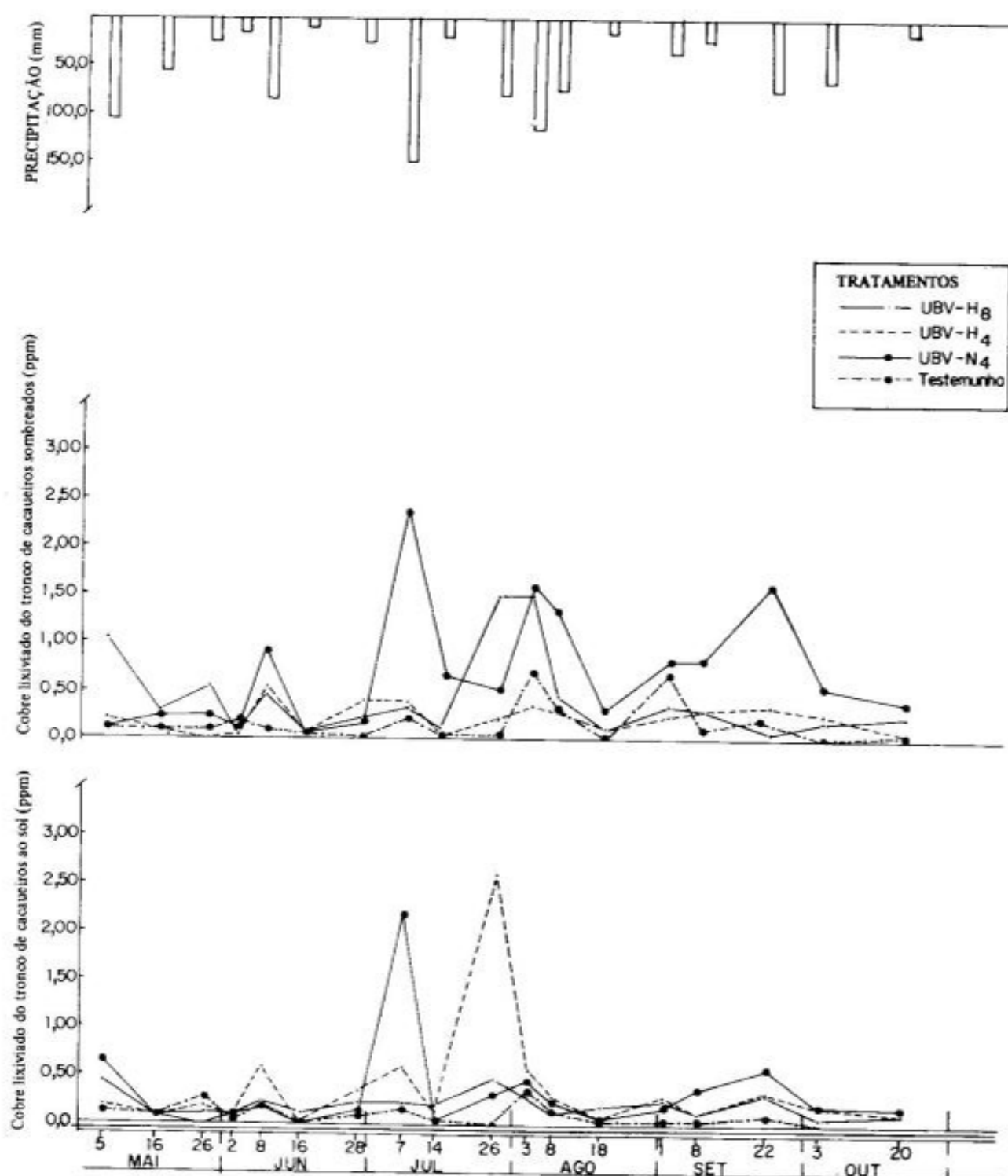


Figura 2 – Precipitação pluvial semanal e cobre lixiviado pela água de escoamento pelo tronco de cacaueiros sombreados e ao sol nos diversos tratamentos.



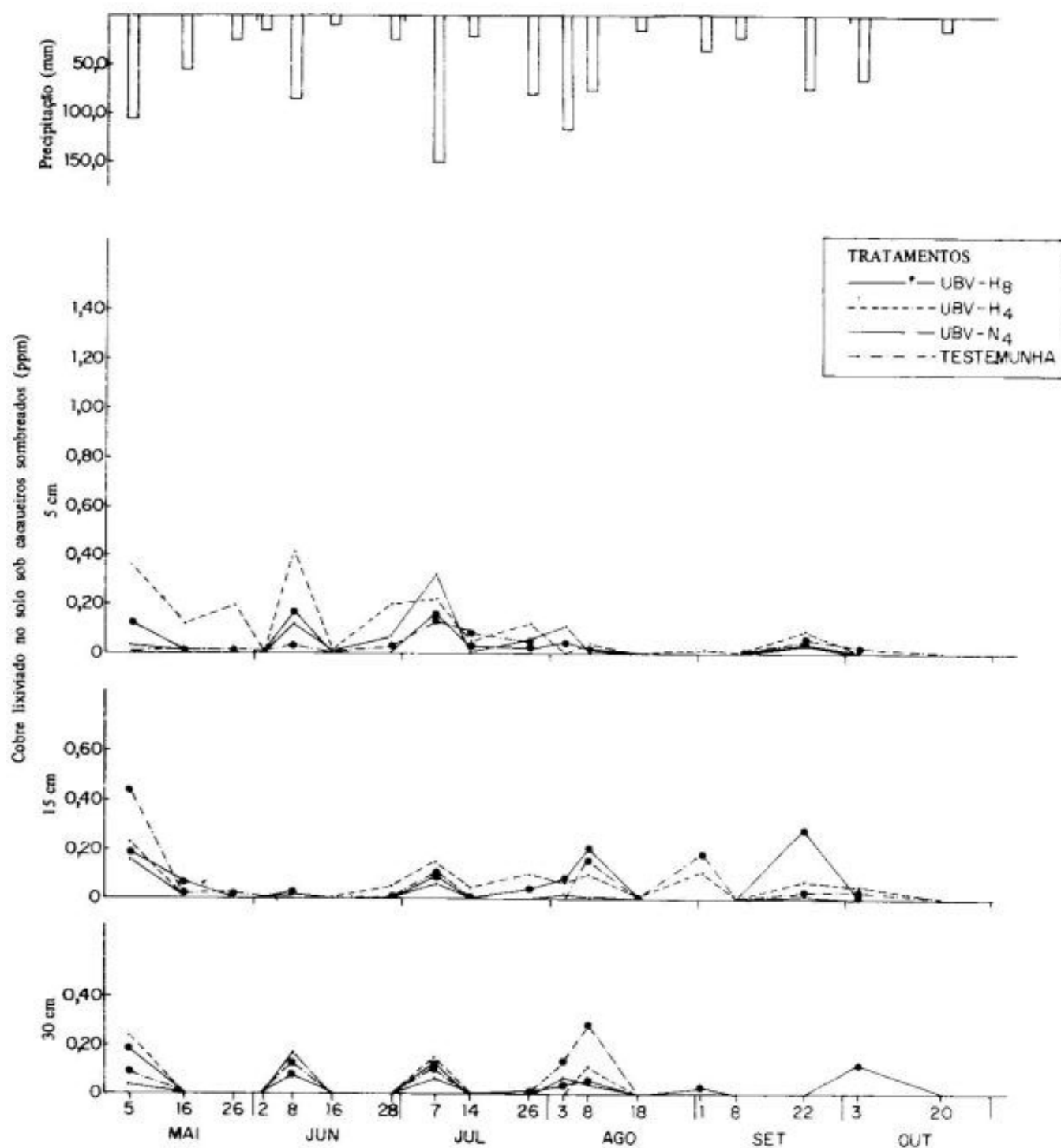


Figura 3 – Precipitação pluvial semanal e cobre lixiviado no solo a diferentes profundidades sob cacauzeiros sombreados.

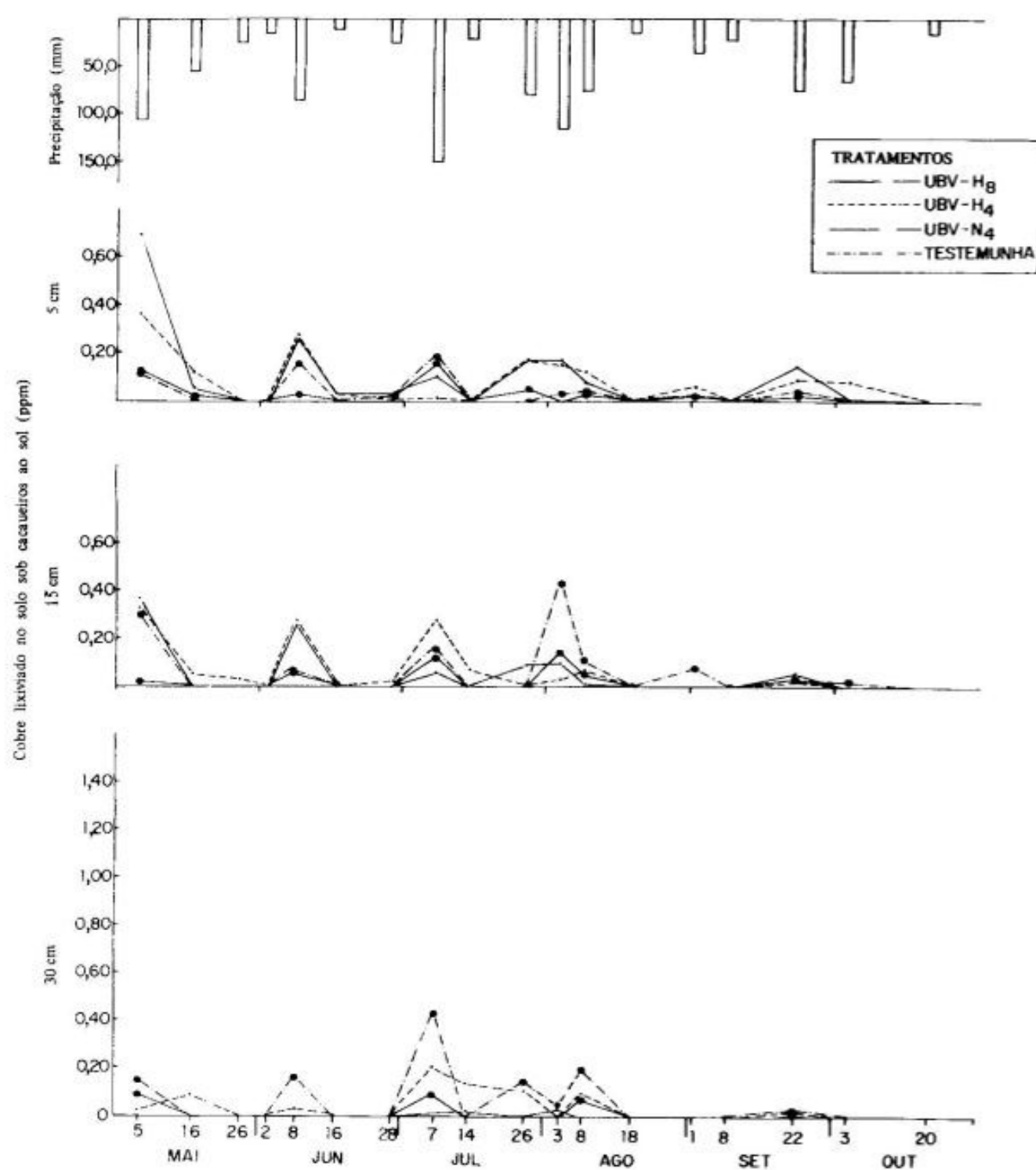


Figura 4 – Precipitação pluvial semanal e cobre lixiviado no solo a diferentes profundidades sob cacauzeiros ao sol.

apresentou tanto cobre quanto os outros tratamentos, com exceção do UBV-N<sub>4</sub>. É necessário reconhecer, portanto, que o dimensionamento da parcela foi imperfeito nesse experimento. Outro fato que pode ter concorrido para o aumento do teor de cobre no tratamento UBV-N<sub>4</sub> foi que, por ser aplicação manual, o operador aplicava o fungicida de maneira a cobrir toda a árvore, provocando um aumento de concentração do produto na planta. Houve diferença significativa ( $P = 0,05$ ) entre períodos, sendo que, no 5.<sup>o</sup> período, houve maior concentração, devido à acumulação do produto (Quadro 1).

Quadro 1 - Teor de cobre lixiviado pela água de percolação da copa nos diversos tratamentos e períodos de aplicação de fungicida.

| Tratamento         | $\bar{x}$ | Período        | $\bar{x}$ |
|--------------------|-----------|----------------|-----------|
| Testemunha         | 0,5317 b  | C <sub>1</sub> | 0,7329 c  |
| UBV-N <sub>4</sub> | 2,0007 a  | C <sub>2</sub> | 1,5921 ab |
| BV-H <sub>8</sub>  | 1,1577 b  | C <sub>3</sub> | 1,1733 bc |
| BV-H <sub>4</sub>  | 1,2600 ab | C <sub>4</sub> | 0,9421 c  |
|                    |           | C <sub>5</sub> | 1,7471 a  |

Valores indicados com a mesma letra não diferem estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Na Figura 2 encontram-se os dados do teor de cobre lixiviado na água de escoamento do tronco de cacaueiros ao sol e à sombra. Como no caso do lixiviado da copa, a quantidade de cobre lixiviado do tronco foi maior sob condições de alta precipitação pluviométrica. Houve diferença significativa ( $P=0,05$ ) entre os tratamentos UBV-N<sub>4</sub> e os demais, porém não houve diferença entre os tratamentos testemunha, BV-H<sub>8</sub> e

BV-H<sub>4</sub>, possivelmente devido ao efeito de superposição do cobre nestes tratamentos, por efeito da deriva do helicóptero no momento da pulverização. Houve diferenças significativas ( $P=0,05$ ) entre o 1.<sup>o</sup> e o 5.<sup>o</sup> períodos, mas isto não se verificou entre o 2.<sup>o</sup>, 3.<sup>o</sup>, 4.<sup>o</sup> e 5.<sup>o</sup> períodos (Quadro 2).

Quadro 2 - Teor de cobre lixiviado pela água de escoamento pelo tronco de cacaueiros nos diversos tratamentos e períodos de aplicação de fungicida.

| Tratamento         | $\bar{x}$ | Período        | $\bar{x}$ |
|--------------------|-----------|----------------|-----------|
| Testemunha         | 0,3857 b  | C <sub>1</sub> | 0,4842 b  |
| UBV-N <sub>4</sub> | 1,3510 a  | C <sub>2</sub> | 0,6417 ab |
| BV-H <sub>8</sub>  | 0,7303 b  | C <sub>3</sub> | 0,5779 ab |
| BV-H <sub>4</sub>  | 0,7130 b  | C <sub>4</sub> | 0,9954 ab |
|                    |           | C <sub>5</sub> | 1,1758 a  |

Valores indicados com a mesma letra não diferem estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

As Figuras 3 e 4 mostram o teor de cobre na água de lixiviação do solo às profundidades de 5 cm, 15 cm e 30 cm. Essas figuras demonstram que o teor de cobre na água de percolação do solo é baixo. Como se pode observar no Quadro 3, o maior teor de cobre foi encontrado a 5 cm de profundidade no solo. Houve diferença significativa ( $P=0,05$ ) para períodos. A 15 cm de profundidade no solo, houve diferença significativa ( $P=0,05$ ) entre o 1.<sup>o</sup> e 2.<sup>o</sup>, 2.<sup>o</sup> e 4.<sup>o</sup> e 3.<sup>o</sup> e 4.<sup>o</sup> períodos. Não houve diferença significativa ( $P=0,05$ ) entre os diversos períodos à profundidade de 30 cm no solo. Durante as semanas em que a precipitação foi baixa, não se fez determinação do teor de cobre, pois não houve lixiviação no solo.

Quadro 3 - Teor de cobre lixiviado no solo de cacaueiros nos diversos períodos de aplicação de fungicida.

| Período        | Profundidade do solo (cm) |            |          |
|----------------|---------------------------|------------|----------|
|                | 5                         | 15         | 30       |
| C <sub>1</sub> | 0,1908 ab                 | 0,1983 ab  | 0,1021 a |
| C <sub>2</sub> | 0,0992 b                  | 0,0454 c   | 0,0312 a |
| C <sub>3</sub> | 0,1633 ab                 | 0,0883 bc  | 0,1383 a |
| C <sub>4</sub> | 0,2408 a                  | 0,2283 a   | 0,1217 a |
| C <sub>5</sub> | 0,1212 ab                 | 0,1246 abc | 0,0217 a |

Valores indicados com a mesma letra não diferem estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

O cobre redistribuído pela ação da precipitação protege áreas da planta não cobertas pela pulverização inicial, agindo pelos mesmos modos que os depósitos dela resultantes (3). Esses modos de ação atuam conjuntamente, sendo difícil determinar a importância relativa

de cada um separadamente. A redistribuição de fungicida tem exercido um papel importante no controle de outras doenças (1, 3). A informação apresentada neste trabalho mostra que o depósito primário da pulverização é redistribuído pela água de chuva. Isso foi confirmado estatisticamente, pois não houve diferença significativa entre o controle obtido pela pulverização terrestre e o da aérea, segundo informação pessoal do pesquisador da CEPLAC, João Maria de Figueiredo. Os trabalhos realizados pela Divisão de Fitopatologia do CEPEC, visando a demonstrar a eficiência do processo de pulverização aérea no controle da podridão parda, têm mostrado que este processo pode vir a ser utilizado como uma prática de controle da doença, devido à rapidez do processo e a possibilidade de pulverização em grandes áreas.

### Agradecimentos

Aos Técnicos Agrícolas Carlos Antonio Ramos dos Santos, José Joaquim S. Santana e Jorge Henrique A. Franco, pela ajuda nos trabalhos de campo. À Técnica de Laboratório Kátia Mendonça Teles e ao Técnico Agrícola José Rivair M. da Silva e ao Setor de Fertilidade do CEPEC, pelas análises de laboratório.

### Literatura Citada

1. GILMOUS, J.W. e NOORDERHAVEN, A. 1973. Control of *Dothistroma* needle blight by low volume aerial application of copper fungicides. New Zealand Journal of Forestry Science 3 (1):120 - 136.
2. PEREIRA, J.L. 1968. Aerial spraying; Report on test carried out on aerial spraying at Tatu Estate July 1968. Kenya Coffee 33 (392):305 - 306.
3. ——— et al. 1973. Redistribution of fungicides in coffee trees. Experimental Agriculture 9:209 - 218.
4. ROCHA, H.M., AITKEN, W.M. e VASCONCELOS, A.P. 1975. Controle do mal-das-folhas (*Microcyclus ulei*) da seringueira na Bahia. I Pulverização aérea com fungicidas na região de Ituberá. Revista Theobroma (Brasil) 5 (3) : 3 - 11.

□ □ □



## Dimensionamento de amostra para previsão de safras de cacau do Estado da Bahia e resultados iniciais

J.R. Arroyo V.<sup>1</sup>, H. de Campos<sup>2</sup>, A. Monteiro<sup>1</sup> e O.F.G. Bordoni<sup>3</sup>

### Resumo

Utilizando como universo um cadastro de propriedades de cacau da região cacaueira do Estado da Bahia, dimensionou-se uma amostra para previsão de safras de cacau nessa região. As áreas produtoras foram divididas em sete sub-regiões e, nestas, considerados 11 estratos de produção. Foi utilizado o método de partilha ótima de Neyman, com  $d = 0,05 \bar{y}_{est}$ , para as quatro primeiras sub-regiões e  $d = 0,04 \bar{y}_{est}$  para as demais sub-regiões, de modo a abranger um total de 405 fazendas. São apresentados também os resultados preliminares correspondentes à "safra temporão" 1979/80 (cacau colhido entre 1.º de março e 31 de agosto de 1979), com um erro de amostragem de 4%.

**Palavras-chave:** *Theobroma cacao*, estatística, tamanho de amostra

## Sample size for cacao production forecast in the State of Bahia, Brazil, and initial results

### Summary

A list of cacao farms was the basis for the sample size to forecast cacao production in the State of Bahia. Seven subregions and 11 production strata were considered. The optimum Neyman allocation method, with criteria  $d = 0.05 \bar{y}_{est}$  for the first four subregions and  $d = 0.04 \bar{y}_{est}$  for the other subregions, was adopted to include a total of 405 cacao farms. Preliminary results are given with a sampling error of 4% for the cacao production between March 1 and August 31 ("Temporão crop").

**Key words:** *Theobroma cacao*, statistics, size of sample

---

<sup>1</sup> Assessoria de Matemática e Estatística (ASMAE), Centro de Pesquisas do Cacau (CEPEC), Caixa Postal 7, 45.600, Itabuna, Bahia, Brasil.

<sup>2</sup> Departamento de Matemática e Estatística, Escola Superior de Agricultura Luis de Queiroz, Piracicaba, SP.

<sup>3</sup> Divisão de Processamento de Dados, Departamento Administrativo, Caixa Postal 7, 45.600, Itabuna, Bahia, Brasil.

## Introdução

Estatísticas agrícolas fidedignas e oportunas constituem um elemento essencial de planejamento, especialmente em países em fase de desenvolvimento. Nesta área é de grande interesse contar com um sistema de previsão de safras para cultivos de alta importância econômica como o do cacau, que permita conhecê-las com a maior exatidão possível e com razoável antecipação, o que permite oferecer um valioso subsídio às autoridades governamentais e para a sua política de preços e regulação de mercado.

Na maioria dos cultivos perenes, a informação básica para estabelecer previsões de safras pode ser obtida através de métodos subjetivos, em diferentes graus, ou através de contagens de frutos (10). Cada cultivo oferece uma particularidade no que se refere à contagem de frutos. Por isso, vários anos de pesquisa são necessários para caracterizar os parâmetros mais adequados para esta finalidade. É também preciso contar simultaneamente com estatísticas complementares com relação ao número de pés, à idade das árvores, à distribuição de variedades etc. Jessen (4) gerou um modelo adequado para laranja. No Brasil, esforços tem sido feitos por Stevens (13) e Schattan (12) no cultivo do café.

Com referência ao cacau, fazer previsão de safras é tarefa difícil (5), podendo-se usar mais de um método para este fim (6). Na África, Rau (8), depois de um estudo piloto, indica que se podem fazer previsões realistas de cacau 4 meses antes da colheita, informando

ainda que os métodos de previsão de colheitas de Gana, Nigéria, Costa do Marfim, Camarões e Serra Leoa baseiam-se geralmente no julgamento pessoal das condições dos cultivos. Na Nigéria, segundo o mesmo autor, alguns trabalhos se fundamentam em dados de contagem de frutos. Ripailles et Rossion (9) realizaram estimativas de produção, 3 meses antes da colheita, com base na contagem de duas categorias de tamanho de frutos. No Brasil, Pereira (7) iniciou os trabalhos de amostragem visando estimativas e previsões de safra de cacau. Atualmente a CEPLAC (Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira) utiliza, na Bahia, três métodos com esta finalidade:

1. Estimativas e previsões de safra de cacau por amostragem, com base nas informações trimestrais fornecidas pelos cacaucultores, através de questionários;
2. Determinação da floração, frutificação e estado vegetativo do cacau para estabelecimento de parâmetros de previsão de safra (ainda em etapa experimental); e
3. Estimativas de safras de cacau pelo método subjetivo, com base nas informações de 45 escritórios locais do Departamento de Extensão da CEPLAC.

Em adição a esses três métodos, um cadastro de fazendas foi recentemente elaborado pela CEPLAC, o qual será anualmente atualizado, de modo a oferecer subsídios para a obtenção de outros indicadores. No presente trabalho, considerando como universo esse cadastro de propriedades, a técnica de amostragem foi utilizada para fazer estimativas de previsões da "safra temporária" e da "safra principal".

### Materiais e Métodos

Foi utilizado como painel ou fonte de referência o cadastro elaborado por 45 escritórios locais de extensão da CEPLAC, durante o primeiro semestre de 1979.

Considerou-se como universo o total das propriedades de cacau incluídas desde Teodoro Sampaio, no norte da região cacaueira da Bahia, até Mucuri, limite com o Estado do Espírito Santo. Os 45 escritórios locais de extensão abrangem 83 municípios do Estado da Bahia que produzem cacau e/ou têm cacau em desenvolvimento. As 10 microrregiões consideradas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) para toda a área de cacau foram incluídas neste estudo.

Toda a população de propriedades cacaueiras do Estado da Bahia foi subdividida segundo dois critérios, para efeitos de regionalização, antes de se efetuar a estratificação por produção:

1. Por áreas de jurisdição das divisões de extensão da CEPLAC; e

2. Por microrregiões do IBGE, com algumas modificações de agrupamento e com a desagregação da denominada microrregião cacaueira, em sete sub-regiões.

Em seguida, foi aplicado independentemente o critério de estratos de produção, dividindo as sub-regiões nos oito estratos tradicionais de produção (1, 2) e em 21 estratos alternativos de produção.

O dimensionamento da amostra foi feito utilizando a "Partilha ótima de Neyman", citada por Cochran (3), considerando custos constantes para o

levantamento de cada unidade da amostra. As formulações básicas para este dimensionamento foram:

$$n_0 = \frac{(\sum N_h S_h)^2}{N^2 V}$$

$$n = \frac{n_0}{1 + \frac{\sum N_h S_h^2}{N^2 V}}$$

$$n_h = n \frac{N_h S_h}{\sum N_h S_h}$$

e convencionando-se para cada população:

$N$  = Número de propriedades na população.

$N_h$  = Número de propriedades no estrato  $h$ .

$S_h$  = Desvio padrão das produções no estrato  $h$ .

$S_h^2$  = Variâncias das produções no estrato  $h$ .

$n_0$  = Tamanho da amostra para população infinita.

$n$  = Tamanho da amostra para população finita.

$n_h$  = Número de propriedades a serem selecionadas no estrato  $h$  bem como as formulações complementares.

$$V = d^2 / t^2 \quad \text{e} \quad \bar{y}_{est} = \sum N_h \bar{y}_h / N$$

onde

$V$  = Variância pré-fixada da média de acordo com o grau de precisão adotado para  $d$ .

$d$  = Semi amplitude pré-fixada do intervalo de confiança da média da população a um nível  $(1 - \alpha)$  de probabilidade, Exemplo: 0,05  $\bar{y}_{est}$ .

$t$  = Valor da tabela de  $t$  a um nível  $\alpha$  de significância  $t = 2$  corresponde aproximadamente ao valor da tabela ( $\alpha = 0,05$ ) com um número infinito de graus de liberdade.

$\bar{y}_{est}$  = Média estratificada estimada da população.

$\bar{y}_h$  = Média do estrato  $h$ .

O dimensionamento foi independente para cada sub-região, obtendo-se o tamanho final da amostra para o Estado da Bahia por mero somatório das amostras correspondentes para cada uma das sete sub-regiões. Independentemente do dimensionamento e visando melhorar a representatividade, adotou-se como critério um mínimo de três propriedades agrícolas por estrato, ou seja, se um  $n_h$  foi inferior a três, considerou-se este valor, como um ajuste daquele dimensionado.

Indica-se a seguir o critério de regionalização que ficou como definitivo, ou seja por microrregiões do IBGE com algumas modificações dos autores, resultando em sete sub-regiões, discriminadas na Figura 1.

A sub-região 1 compreende os municípios produtores de cacau das mi-

corregiões MRH 144, 145 e 146 do IBGE; a sub-região 2, os das microrregiões 150, 151 e 152; a sub-região 3, os da MRH 153; a sub-região 4 os das MRH 155 e 156. As sub-regiões 5, 6 e 7 são subdivisões da microrregião MRH 154.

Foram adotados até cinco critérios para o dimensionamento da amostra, depois de definir como mais adequado o critério de regionalização em sete sub-regiões:

Critério 1:  $d = 0,05 \bar{y}_{est}$  nas sete sub-regiões.

Critério 2:  $d = 0,05 \bar{y}_{est}$  nas sub-regiões 1, 2, 3, 4.

$d = 0,04 \bar{y}_{est}$  nas sub-regiões 5, 6, 7.

Critério 3:  $d = 0,05 \bar{y}_{est}$  nas sub-regiões 1, 2, 3, 4.

$d = 0,03 \bar{y}_{est}$  nas sub-regiões 5, 6, 7.

Critério 4:  $d = 0,05 \bar{y}_{est}$  nas sub-regiões 1, 2, 3, 4.

$d = 0,025 \bar{y}_{est}$  nas sub-regiões 5, 6, 7.

Critério 5:  $d = 0,025 \bar{y}_{est}$  nas sete sub-regiões.

Depois de dimensionada a amostra, procedeu-se, por um processo aleatório, a identificação de todas as propriedades componentes da amostra, com base nos cadastros obtidos pelos escritórios locais de extensão. Cinco equipes de técnicos viajaram aos escritórios locais para distribuir os questionários do primeiro levantamento.

O primeiro levantamento foi efetua-



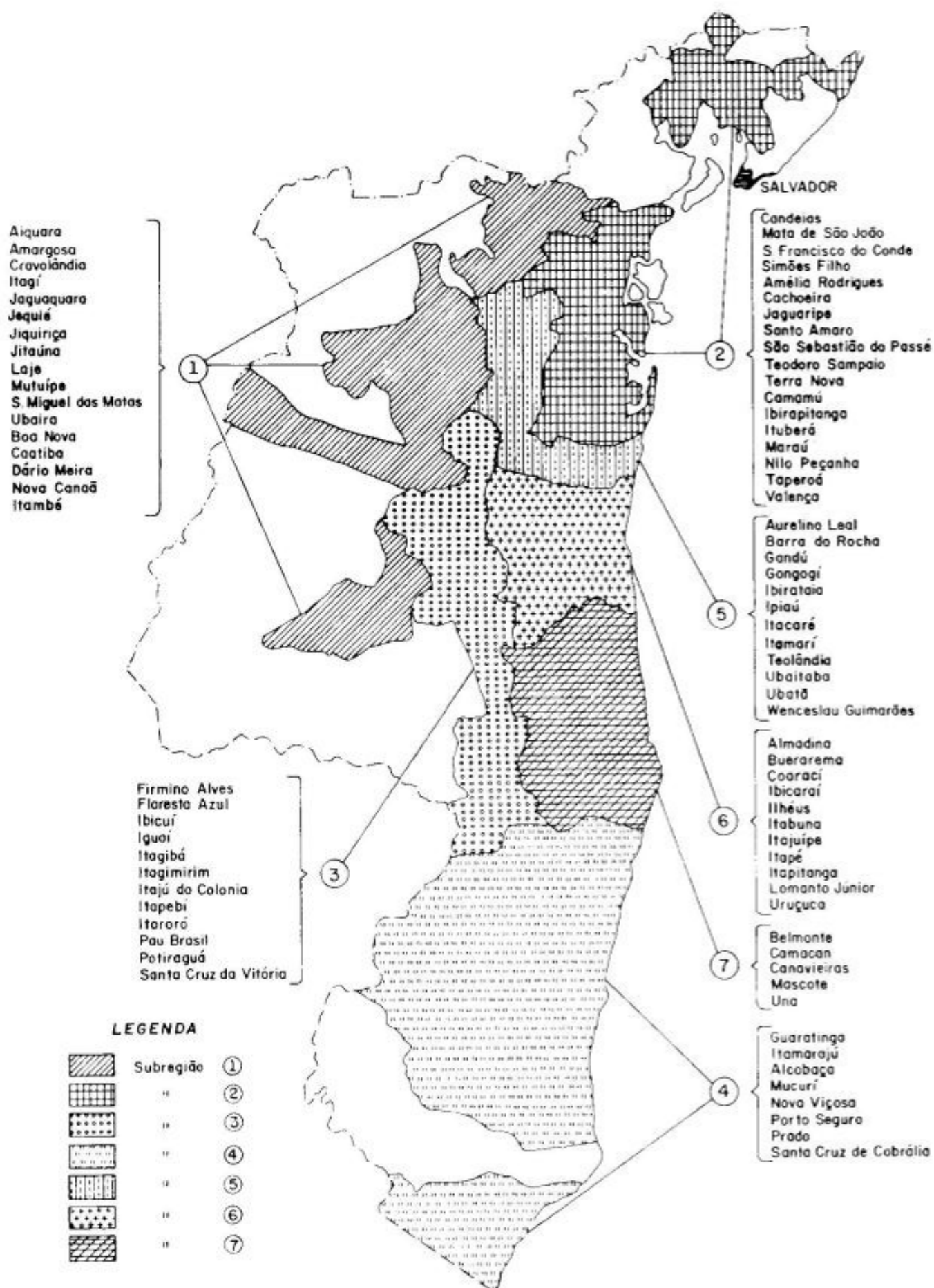


Figura 1 – Municípios produtores de cacau do Estado da Bahia agrupados em sete sub-regiões.

do no mês de setembro de 1979, com a finalidade de estimar a "safra temporão" de 1979/80 e de fazer a primeira previsão da "safra principal" de 79/80. As perguntas básicas do questionário do primeiro levantamento foram:

1. Quanto o Senhor colheu de 1.<sup>o</sup> de março até 31 de agosto de 1979?

2. Quanto o Senhor espera colher de 1.<sup>o</sup> de setembro de 1979 até 29 de fevereiro de 1980?

Levantamentos subseqüentes foram programados de acordo com o seguinte esquema:

— Dezembro de 1979: 2.<sup>a</sup> previsão "safra principal" 1979/80;

— Março de 1980: 1.<sup>a</sup> previsão "safra temporão" 1980/81 e estimativa "safra principal" 1979/80;

— Junho de 1980: 2.<sup>a</sup> previsão "safra temporão" 1980/81;

— Agosto de 1980: 1.<sup>a</sup> previsão "safra principal" 1980/81 e estimativa "safra temporão" 1979/80; e assim sucessivamente.

Com a informação dos questionários preenchidos nas 405 propriedades, procedeu-se a uma crítica da informação, bem como ao seu processamento eletrônico. As tabelas de saída foram esquematizadas de modo a oferecer os resultados em separado para "safra temporão" e "safra principal", tanto para cada uma das sete sub-regiões como para todo o Estado da Bahia. Assim, a nível de sub-regiões, determinou-se a média para cada estrato de produção; variância, desvio padrão e intervalos de confiança para as médias, tomando como valor  $t$  os graus de liberdade me-

nos 1. Também foram expandidas as amostras para cada estrato de produção, calculando-se variância, desvio padrão e intervalos de confiança para os totais de cada um dos estratos de produção. Determinou-se ainda a média estratificada para cada uma das sub-regiões, variância, desvio padrão e intervalos de confiança para as médias, tomando como valor  $t$  segundo os graus de liberdade obtidos pela fórmula de Satterthwaite (11). Igualmente foram expandidas as amostras para cada uma das sete sub-regiões, calculando-se variância, desvio padrão e intervalo de confiança para os totais de cada uma das sete sub-regiões.

A nível do Estado da Bahia, determinaram-se a média, variância, desvio padrão e intervalos de confiança da média, bem como a expansão total da amostra como somatório das expansões das sete sub-regiões; variância, desvio padrão e intervalo de confiança. Para a média e para o total expandido, foi utilizado, em vez do valor correspondente a  $t$ , o número dois, na construção dos intervalos de confiança.

Tanto por sub-região como para o Estado da Bahia, quando os estratos populacionais foram totalmente considerados (censo), a contribuição da variância é nula; este foi o caso das propriedades de alta produção e que ficaram no último estrato ou de produção máxima.

A informação obtida do primeiro levantamento, tanto para "safra temporão" como para "safra principal", serviu para determinar a estimativa de "safra temporão" 1979/80, bem como a primeira previsão de "safra principal" 1979/80 do Estado da Bahia.

## Resultados e Discussão

Utilizando o critério de regionalização baseado nas microrregiões do IBGE, com algumas modificações, foram delimitadas sete sub-regiões, considerando agrupamentos de municípios completos, e, assim, não sujeitos a modificações estruturais nos escritórios locais ou nas divisões de extensão da CEPLAC.

Este número de sub-regiões garante uma melhor representatividade, quando em confronto com a amostra anterior que considerava apenas as zonas administrativas norte, centro e sul de extensão da CEPLAC (7).

Com relação aos estratos de produção, os oito estratos tradicionais, que implicaram intervalos de classes cada vez maiores, geraram variâncias muito altas. A desagregação em 21 estratos de produção, ou seja, em intervalos de classes menores que os tradicionais, geraram variâncias menores, mas observou-se que o excesso de classes algumas vezes originaram variâncias nulas. Em consequência deste fato, julgou-se mais racional optar pelos 11 estratos de produção que aparecem no Quadro 1.

Os resultados da regionalização e da estratificação da produção estão contidos no Quadro 2. No último destes estratos, que corresponde a propriedades com produção superior a 10.000 arrobas, optou-se por fazer censo, devido à sua alta variabilidade e à sua elevada participação na produção total. A Técnica de amostragem foi empregada para os outros 10 estratos de produção. A amostra antiga considerava só oito estratos de produção.

A seguir, indica-se, em forma resumi-

da, os resultados dos cinco critérios utilizados para o dimensionamento da amostra:

Critério 1: 368 amostras

Critério 2: 405 amostras

Critério 3: 480 amostras

Critério 4: 563 amostras

Critério 5: 838 amostras

Quadro 1 - Estratos de produção estabelecidos para o dimensionamento da amostra.

| Estratos | Classes de Produção (arrobas) |
|----------|-------------------------------|
| 1        | $\leq 200$                    |
| 2        | (200 - 400]                   |
| 3        | (400 - 600]                   |
| 4        | (600 - 1.000]                 |
| 5        | (1.000 - 1.500]               |
| 6        | (1.500 - 2.500]               |
| 7        | (2.500 - 3.500]               |
| 8        | (3.500 - 5.000]               |
| 9        | (5.000 - 7.000]               |
| 10       | (7.000 - 10.000]              |
| 11       | $> 10.000$                    |

Usando-se a "partilha ótima de Neyman", que leva em conta a variância mínima, adotou-se o critério 2, que estabelece um total de 405 amostras (Quadro 3) das quais 291 foram amostradas e 114 censadas. O critério 2 foi adotado porque foi o que melhor conciliou o grau de precisão das amostras com as condições de exequibilidade do levantamento dos dados de produção e porque dá um maior grau de precisão para as amostras das sub-regiões 5, 6, 7, responsáveis por mais de 70% de toda a produção de cacau do Estado da Bahia. A soma destas três sub-regiões gera a microrregião denominada cacaueira pelo

Quadro 2 - Distribuição das propriedades de cacau do Estado da Bahia por sub-região e por estratos de produção.

| Estratos | Sub-Regiões |       |       |     |       |       |       | Total               |
|----------|-------------|-------|-------|-----|-------|-------|-------|---------------------|
|          | 1           | 2     | 3     | 4   | 5     | 6     | 7     |                     |
| 1        | 595         | 529   | 206   | 239 | 660   | 524   | 742   | 3.495               |
| 2        | 215         | 205   | 224   | 142 | 402   | 513   | 507   | 2.208               |
| 3        | 150         | 117   | 135   | 118 | 267   | 442   | 316   | 1.545               |
| 4        | 159         | 116   | 199   | 124 | 343   | 601   | 354   | 1.896               |
| 5        | 93          | 64    | 122   | 68  | 233   | 418   | 177   | 1.175               |
| 6        | 62          | 69    | 158   | 78  | 220   | 494   | 183   | 1.264               |
| 7        | 33          | 23    | 51    | 22  | 105   | 207   | 105   | 546                 |
| 8        | 25          | 27    | 37    | 14  | 94    | 182   | 83    | 462                 |
| 9        | 9           | 8     | 27    | 6   | 57    | 100   | 60    | 267                 |
| 10       | 7           | 14    | 10    | 6   | 29    | 60    | 32    | 158                 |
| 11       | 7           | 8     | 7     | 5   | 33    | 29    | 25    | 114                 |
| Total    | 1.355       | 1.180 | 1.176 | 822 | 2.443 | 3.570 | 2.584 | 13.130 <sup>a</sup> |

Fonte: Cadastro do DEPEX 1979. Elaboração dos autores.

<sup>a</sup> Não inclui propriedades que são tem cacauzeiros em desenvolvimento.

Quadro 3 - Distribuição das propriedades de cacau da amostra do Estado da Bahia por sub-regiões e por estratos de produção.

| Estratos de Produção | Sub-regiões |    |    |    |    |    |    | Total |
|----------------------|-------------|----|----|----|----|----|----|-------|
|                      | 1           | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  |       |
| 1                    | 10          | 9  | 3  | 5  | 5  | 3  | 6  | 41    |
| 2                    | 3           | 4  | 3  | 3  | 3  | 3  | 4  | 23    |
| 3                    | 3           | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 21    |
| 4                    | 5           | 4  | 4  | 5  | 5  | 5  | 6  | 34    |
| 5                    | 4           | 3  | 3  | 4  | 4  | 4  | 4  | 26    |
| 6                    | 4           | 5  | 7  | 7  | 8  | 9  | 7  | 47    |
| 7                    | 3           | 3  | 3  | 3  | 3  | 4  | 4  | 23    |
| 8                    | 3           | 4  | 3  | 3  | 5  | 5  | 5  | 28    |
| 9                    | 3           | 3  | 3  | 3  | 4  | 3  | 4  | 23    |
| 10                   | 3           | 5  | 3  | 3  | 3  | 4  | 4  | 25    |
| Total da Amostra     | 41          | 43 | 35 | 39 | 43 | 43 | 47 | 291   |
| Censo                | 7           | 8  | 7  | 5  | 33 | 29 | 25 | 134   |
| Total                | 48          | 51 | 42 | 44 | 76 | 72 | 72 | 405   |



IBGE, ou seja, a MRH/154. É importante notar que 46% do total das propriedades levantadas estão incluídas nas sub-regiões 1 a 4 e 54% nas sub-regiões 5 a 7. Por outro lado, no balanceamento da amostra e censo, tem-se, em relação ao total de propriedades levantadas, a seguinte proporção: para as sub-regiões 1 a 4, 85% para amostra e 15% para censo; para as sub-regiões 5 a 7, 60% para amostra e 40% para o censo, o que evidencia uma maior representatividade das sub-regiões 5 a 7.

Além disso, englobando toda a região cacauera da Bahia, as propriedades acima de 10.000 arrobas são responsáveis por 8,4% de toda a produção do Estado.

O critério 5, pela sua maior representatividade, era, evidentemente, o mais racional. Entretanto, pelas dificuldades inerentes à própria natureza do trabalho e pelo alto número de propriedades a serem levantadas, deixou de ser o mais conveniente.

O objetivo final do presente trabalho, além do dimensionamento da amostra,

foi fazer, neste primeiro levantamento, estimativas de "safra temporão", bem como da "safra principal" a nível da região cacauera da Bahia. Entretanto, considerou-se de interesse mostrar algumas estatísticas que, em forma sequencial são obtidas antes de se chegar à estimativa da "safra temporão" 1979/80. Destas, selecionaram-se as contidas no Quadro 4, que sintetizam a informação das sete sub-regiões.

Com referência aos resultados da expansão da amostra das sete sub-regiões analisadas, as que correspondem à microrregião cacauera, ou seja, às sub-regiões 5, 6, e 7 foram as mais produtivas e as que apresentaram o maior número de propriedades cacaueras. Contrariamente, a sub-região 4 foi a que apresentou menor produção e também menor número de propriedades cacaueras.

Finalmente, a nível de Estado da Bahia e para a estimativa de "safra temporão" 1979/80, observou-se que o estimador da média por propriedade é de 200 sacos de 60 quilos e, com 95%

Quadro 4 - Estimativa de temporão 1979/80 das sete sub-regiões da região cacauera do Estado da Bahia, em sacos de 60 quilos, considerando-se o cacau colhido até 31 de agosto de 1979.

| Sub-regiões | Número total de Propriedades | Número de Amostras | Média           |                          | Total       |                          |
|-------------|------------------------------|--------------------|-----------------|--------------------------|-------------|--------------------------|
|             |                              |                    | $\bar{y}_{est}$ | $\pm ts (\bar{y}_{est})$ | $\bar{y}_j$ | $\pm ts (\bar{y}_{est})$ |
| 1           | 1.355                        | 48                 | 136             | 15                       | 184.490     | 20.380                   |
| 2           | 1.180                        | 51                 | 136             | 24                       | 160.900     | 16.956                   |
| 3           | 1.176                        | 42                 | 243             | 28                       | 285.570     | 32.936                   |
| 4           | 822                          | 44                 | 135             | 12                       | 110.600     | 9.862                    |
| 5           | 2.443                        | 76                 | 229             | 15                       | 559.110     | 36.386                   |
| 6           | 3.570                        | 72                 | 231             | 23                       | 822.896     | 83.056                   |
| 7           | 2.584                        | 72                 | 197             | 15                       | 508.944     | 39.752                   |

de probabilidade, que a verdadeira média está dentro dos limites 192 e 208 sacos. No que se refere ao total da produção, têm-se 2.632.510 sacos de 60 quilos, referentes ao cacau colhido até 31 de agosto de 1979 e com 95% de probabilidade de que o total verdadeiro situe-se dentro dos intervalos 2.530.148 e 2.734.872 sacos.

Embora não se possa afirmar que todo o cacau produzido é comercializado de imediato, ou que o cacau comercializado foi recentemente produzido, a estimativa calculada para a "safra temporão" é bem próxima da quantidade de cacau comercializado até 31 de agosto de 1979, que totalizou 2.515.983 sacos, conforme informação da Comissão do Comércio de Cacau da Bahia (COMCAUBA).

Assim sendo, a precisão calculada para a "safra temporão" do ano agrícola 1979/80, ou seja, o cacau colhido

de 1.º de março a 31 de agosto de 1979, é uma estimativa satisfatória, tendo em vista que o erro de amostragem foi de apenas 4%.

Alerta-se, entretanto, para o fato de que os dados fornecidos pela COMCAUBA foram utilizados apenas a título ilustrativo, tendo em vista que esta entidade possui seu próprio sistema de informação e termos de referência. Considera, por exemplo, como "safra temporão" o cacau comercializado de 1.º de abril a 30 de setembro; para a CEPLAC, "safra temporão" é o cacau colhido de 1.º de março a 31 de agosto.

Espera-se, finalmente, que amostragens em fase de processamento e/ou a serem efetivadas proximamente, permitirão aperfeiçoar o método atualmente utilizado, de modo a complementar as informações obtidas através de outros sistemas implantados na CEPLAC.

### Agradecimentos

Os autores agradecem ao Departamento de Extensão da CEPLAC (DEPEX) pela valiosa colaboração prestada na elaboração do cadastro, que serviu de base para tirar a nova amostra de propriedades da região cacaueira da Bahia, assim como no preenchimento dos questionários da presente amostra, que são feitos trimestralmente.

### Literatura Citada

1. ALENCAR, M.H. 1970. Aspectos da concentração da produção de cacau e da estrutura fundiária na região cacaueira do Estado da Bahia. Ilhéus, BA, Brasil. CEPLAC/CEPEC. Comunicação Técnica n.º 37. 27 p.
2. ÁLVARES-AFONSO, F.M. 1968. Critérios para estratificação das propriedades cacaueiras; parecer CERE 68/03. Ilhéus, BA, Brasil. 4 p. (Datilografado).
3. COCHRAN, W.G. 1963. Sampling techniques. 2 ed. New York, Wiley. 413 p.
4. JESSEN, R.J. 1972. On a experiment in forecasting a tree crops by counts and measurements. Ames, Iowa State University. Statistical Papers n.º 10. pp. 145 - 165.

5. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. COMITE DE PROBLEMAS DE PRODUCTOS BÁSICOS. GRUPO DE ESTUDIO SOBRE EL CACAO. COMITE DE ESTADISTICA. 1967. Técnicas de pronósticos relativas a la producción de cacao em Ghana. Roma. 3 p. (Mimeografado). (CCP:CC/ST/6).
6. ————. 1968. Novedades en las técnicas de pronósticos de la producción de cacao. Roma. 3 p. (Mimeografado). (CCP:CC/ST/12).
7. PEREIRA, C.P. 1972. Estimativas e previsões preliminares de colheitas de cacau por amostragem. Tese Mestrado. Piracicaba, SP, Brasil, ESALQ. 47 p.
8. RAU, A.A. 1965. Report on the FAO Regional Project on Cocoa Statistics for evolving suitable technique to forecast the cocoa crop production in West Africa. Rome, FAO. 30 p.
9. RIPAILLES, C. e ROSSION, J. 1968. Prévision de récolte pont le cacao. *Café Cacao Thé* 12 (2): 103 - 113.
10. ESTADOS UNIDOS. DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA. SERVIÇO DE ESTADÍSTICAS AGROPECUARIAS. 1969. Alcance y métodos. Centro Regional de Ayuda Técnica AID. Washington, D.C. 277 p.
11. SATTERTHWAIT, F.E. 1946. An approximate distribution of estimates of variance components. *Biometrics* 2: 110 - 114.
12. SCHATTAN, S. 1964. Pesquisa de um método objetivo para a previsão de produção de café; agricultura em São Paulo. *Boletim da Divisão de Economia Rural da Secretaria de Agricultura do Estado de São Paulo* 5 (314): 1 - 43.
13. STEVENS, W.L. 1965. Levantamento por amostragem da safra de café. 2 ed. São Paulo, Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da USP, s. p. (Mimeografado).

□ □ □

## Patogenicidade de alguns isolados de *Phytophthora* sobre diferentes hospedeiros

Fedora Celina Z. de Resnik<sup>1</sup>, F.X.R. do Vale<sup>2</sup> e Anna Maria F.L. Campêlo<sup>1</sup>

### Resumo

Objetivando determinar a patogenicidade de isolados de *Phytophthora palmivora* (Butl.) Butl. aos cultivos do cacaueiro, seringueira e pimenta-do-reino e a possibilidade de interatuarem como fonte de inóculo, procedeu-se a inoculações cruzadas com os isolados P<sub>23</sub> de cacaueiro, forma morfológica 4 (MF<sub>4</sub>); P<sub>26</sub> de cacaueiro, MF<sub>1</sub>; P<sub>51</sub> de seringueira, MF<sub>4</sub>, P<sub>37</sub> e P<sub>43</sub> de pimenta-do-reino, MF<sub>4</sub>. As inoculações em cacaueiro, seringueira e pimenta-do-reino foram feitas com ferimento do caule e colocando-se um disco de micélio medindo 3 mm de diâmetro. Em seringueira, além do caule, inoculou-se também o pecíolo. Em cacaueiro, todos os isolados produziram lesões, destacando-se o P<sub>26</sub> (MF<sub>1</sub>) como o mais virulento, seguido de P<sub>23</sub> (MF<sub>4</sub>), enquanto os isolados de pimenta-do-reino e seringueira produziram lesões menores. Em seringueira, todos os isolados foram patogênicos, sendo que P<sub>51</sub> (MF<sub>4</sub>), foi o mais virulento e P<sub>26</sub> (MF<sub>1</sub>) o de menor agressividade. As inoculações no pecíolo provocaram queda das folhas com todos os isolados indistintamente. Em pimenta-do-reino, somente os isolados P<sub>37</sub> (MF<sub>4</sub>) e P<sub>43</sub> (MF<sub>4</sub>) apresentaram patogenicidade.

**Palavras-chave:** patogenicidade, *Phytophthora palmivora*, *Theobroma cacao*, *Hevea brasiliensis*, *Piper nigrum*

### Pathogenicity of some *Phytophthora* isolates on different hosts

#### Summary

Isolates of *Phytophthora palmivora* (Butl.) Butl. from cocoa, rubber and black pepper were cross-inoculated to these hosts to study their pathogenicity on all three. The following isolates were tested: P<sub>23</sub> from cocoa, morphological form 4 (MF<sub>4</sub>); P<sub>26</sub> from cocoa (MF<sub>1</sub>); P<sub>51</sub> from rubber, (MF<sub>4</sub>); and P<sub>37</sub> and P<sub>43</sub> from black pepper (MF<sub>4</sub>). Inoculations were made by inserting 3 mm diameter mycelial disks from agar cultures inserted into incisions made in the stem bark. In addition to stems, petioles of rubber seedlings were inoculated in the same way. Lesions were produced on cocoa seedlings by all isolates, but the most virulent was P<sub>26</sub> (MF<sub>1</sub>) followed by

<sup>1</sup> Divisão de Fitopatologia (DIFIP), Centro de Pesquisas do Cacau (CEPEC), Caixa Postal 7, 45.600, Itabuna, Bahia, Brasil.

<sup>2</sup> Convênio CEPLAC/EMBRAPA, DIFIP, CEPEC.



P<sub>23</sub> (MF<sub>4</sub>), while the isolates from black pepper and rubber formed smaller lesions. All isolates were pathogenic to rubber seedlings but P<sub>51</sub> (MF<sub>4</sub>) and P<sub>26</sub> (MF<sub>1</sub>) were, respectively, the most and the least virulent. All caused leaf fall when inoculated on petioles. P<sub>37</sub> and P<sub>43</sub> (MF<sub>4</sub>) were the only isolates pathogenic to black pepper.

**Key words:** Pathogenicity, *Phytophthora palmivora*, *Theobroma cacao*, *Hevea brasiliensis*, *Piper nigrum*

### Introdução

*Phytophthora palmivora* (Butl.) Butl. é um patógeno de hábito cosmopolita e tem como hospedeiros numerosas plantas tropicais, destacando-se, dentre elas, algumas de importância econômica tais como cacaueiro (*Theobroma cacao* L.), seringueira (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.) e pimenta-do-reino (*Piper nigrum* L.) (4).

Dentro do que se considerava a espécie *P. palmivora*, alguns isolados diferem, consistentemente, em sua morfologia, número de cromossomos e outras características, a ponto de serem classificados como "tipos morfológicos" (5). Trabalho posterior efetuado por Brasier e Griffin (2), elevou a espécie o tipo morfológico 3 (MF<sub>3</sub>), nomeando-o *P. megakarya* e definindo o tipo morfológico 1 (MF<sub>1</sub>) como *P. palmivora stricto sensu*. A posição sistemática do tipo morfológico 4 (MF<sub>4</sub>) não está ainda precisamente definida.

No Brasil, isolados de *P. palmivora* das regiões cacaueiras da Amazônia e Bahia foram identificados como tipos morfológicos 1 e 4, enquanto que, dentre os isolados da região cacaueira do Espírito Santo, apenas MF<sub>4</sub> foi constatado. Isolados de seringueira e pimenta-do-reino da região Amazônica e Bahia foram identificados como MF<sub>4</sub> (3).

Medeiros e Melo (7), em teste de patogenicidade envolvendo isolados de *P. palmivora* de seringueira e cacaueiro, determinaram que o isolado de seringueira é fisiologicamente similar àquele do cacau "Catongo" diferindo, entretanto, na virulência.

O presente trabalho objetivou determinar a patogenicidade e o grau de virulência de isolados de *P. palmivora* ao cacaueiro, seringueira e pimenta-do-reino, procedendo às inoculações desses isolados em plantas desses cultivos.

### Material e Métodos

A identificação dos isolados de *Phytophthora* foi feita segundo os critérios de Waterhouse (8). O tipo morfológico de *P. palmivora* foi determinado com base nas recomendações do Cocoa *Phytophthora* Workshop (5).

Foram utilizados cinco isolados de *P. palmivora*: P<sub>23</sub>, isolado de frutos de cacaueiro, forma morfológica 4 (MF<sub>4</sub>); P<sub>26</sub>, isolado de folhas de plântulas de cacaueiro, forma morfológica 1 (MF<sub>1</sub>); P<sub>51</sub>, isolado de ramos de seringueira, forma morfológica 4 (MF<sub>4</sub>); P<sub>37</sub> isolado de solo cultivado com pimenta-do-reino, forma morfológica 4 (MF<sub>4</sub>); e P<sub>43</sub>, isolado de pimenta-do-reino, forma morfológica 4 (MF<sub>4</sub>) (cultura fornecida pelo Dr. F. C. Albuquerque, CPATU/EMBRAPA, Belém,

Pará) (Quadro 1). As inoculações com *P. palmivora* foram feitas sob condições de casa de vegetação, utilizando-se plântulas de cacauzeiro "Comum", clones IAN-873 de seringueira e plantas de pimenta-do-reino variedade "Singapura".

As inoculações foram processadas, com fermento, no caule de cada plântula de cacauzeiro e seringueira e na estaca em pimenta-do-reino, colocando-se, em cada incisão, um disco de micélio da cultura do fungo crescendo em "Corn-Meal-Agar (CMA)", segundo técnica descrita por Zentmyer (9). Para cada tratamento, foram feitas três repetições.

Decorridos 20 dias da inoculação, comparou-se a área lesionada das plântulas de cacauzeiro e seringueira e contou-se o número de plantas mortas de pimenta-do-reino. Posteriormente, inocularam-se pecíolos foliares de seringueira com todos os isolados de *P. palmivora*.

### Resultados e Discussão

Os resultados obtidos (Quadros 2 e 3 e Figuras 1, 2 e 3) indicam que todos os isolados foram patogênicos aos seus respectivos hospedeiros. Entretanto, nas inoculações cruzadas, houve diferença quanto ao grau de virulência. Os isola-

Quadro 1 - Origem dos isolados de *P. palmivora* utilizados no experimento.

| Isolado         | Hospedeiro          | Origem    | Tipo morfológico |
|-----------------|---------------------|-----------|------------------|
| P <sub>23</sub> | Cacau - fruto       | CEPEC, BA | MF <sub>4</sub>  |
| P <sub>26</sub> | Cacau - folha       | CEPEC, BA | MF <sub>1</sub>  |
| P <sub>37</sub> | Solo de pimental    | Una, BA   | MF <sub>4</sub>  |
| P <sub>43</sub> | Pimenta-do-reino    | Belém, PA | MF <sub>4</sub>  |
| P <sub>51</sub> | Seringueira-pecíolo | Una, BA   | MF <sub>4</sub>  |

Quadro 2 - Reação de susceptibilidade de diferentes hospedeiros a isolados de *P. palmivora*.

| Hospedeiro       | Isolados de <i>P. palmivora</i>    |                                    |                                    |                                    |                                    |
|------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
|                  | P <sub>23</sub> (MF <sub>4</sub> ) | P <sub>26</sub> (MF <sub>1</sub> ) | P <sub>51</sub> (MF <sub>4</sub> ) | P <sub>37</sub> (MF <sub>4</sub> ) | P <sub>43</sub> (MF <sub>4</sub> ) |
| Cacauzeiro       | ++                                 | +++                                | +                                  | +                                  | +                                  |
| Seringueira      | ++                                 | +                                  | +++                                | ++                                 | ++                                 |
| Pimenta-do-reino | -                                  | -                                  | -                                  | +++                                | +++                                |

+ = pouco virulento

++ = medianamente virulento

+++ = muito virulento

- = não patogênico

Quadro 3 - Área média das lesões causadas pela inoculação de diferentes isolados de *P. palmivora* em plântulas de cacau e seringueira.

| Isolado         | Área lesão (cm <sup>2</sup> ) |                          |
|-----------------|-------------------------------|--------------------------|
|                 | Cacau <sup>a</sup>            | Seringueira <sup>b</sup> |
| P <sub>26</sub> | 5,50                          | 15,21                    |
| P <sub>23</sub> | 1,27                          | 5,16                     |
| P <sub>37</sub> | 0,86                          | 3,81                     |
| P <sub>43</sub> | 0,73                          | 2,86                     |
| P <sub>51</sub> | 0,58                          | 1,85                     |

<sup>a</sup> Média de 12 lesões.

<sup>b</sup> Média de seis lesões.

dos de cacau e seringueira não foram patogênicos à pimenta-do-reino.

O isolado P<sub>26</sub> (MF<sub>1</sub>) do cacau foi mais virulento a essa cultura do que P<sub>23</sub> (MF<sub>4</sub>), ocorrência já observada por Lawrence e Resnik (6). O isolado P<sub>51</sub> (MF<sub>4</sub>) de seringueira comportou-se como o mais virulento a essa cultura, apresentando, porém, pouca virulência em comparação ao cacau. Resultados similares foram obtidos por Medeiros e Melo (7).

Os isolados P<sub>37</sub> e P<sub>43</sub> de pimenta-do-reino foram patogênicos aos três cultivos testados, variando em virulên-



Figura 1 - Caule de cacau Comum, com 10 meses de idade, 21 dias após inoculação com *P. palmivora* (Foto J. S. Lawrence).



Figura 2 — Plantas de pimenta-do-reino, inoculadas na estaca com *P. palmivora*, 10 dias após inoculação (Foto J. S. Lawrence).

cia. As plantas de pimenta-do-reino inoculadas com esses isolados, 20 dias após a inoculação, apresentaram-se totalmente secas, não se recuperando.

Griffin (5) registrou que Tsao obteve resultados positivos na inoculação de isolados de *P. palmivora* de pimenta-do-reino em cacauieiro e seringueira porém não conseguiu infecção quando utilizou isolados de seringueira e cacauieiros sobre pimenta-do-reino. Por outro lado, Albuquerque e Duarte (1) encontraram que isolados de cacauieiro foram patogênicos à pimenta-do-reino.

As inoculações efetuadas no pe-

cíolo foliar de plântulas de seringueira resultaram na queda total das folhas com todos os isolados testados, 3 dias após a inoculação.

Trabalhos posteriores deverão enfocar com maior profundidade aspectos de virulência, envolvendo diferentes variedades de cacauieiro, seringueira e pimenta-do-reino e um maior número de isolados de *P. palmivora*. O estabelecimento de raças dentro da espécie também deve ser considerado, uma vez que tem sido constatadas, em condições de campo, diferenças na patogenicidade e virulência desse fungo, em relação aos isolados considerados nesse trabalho.



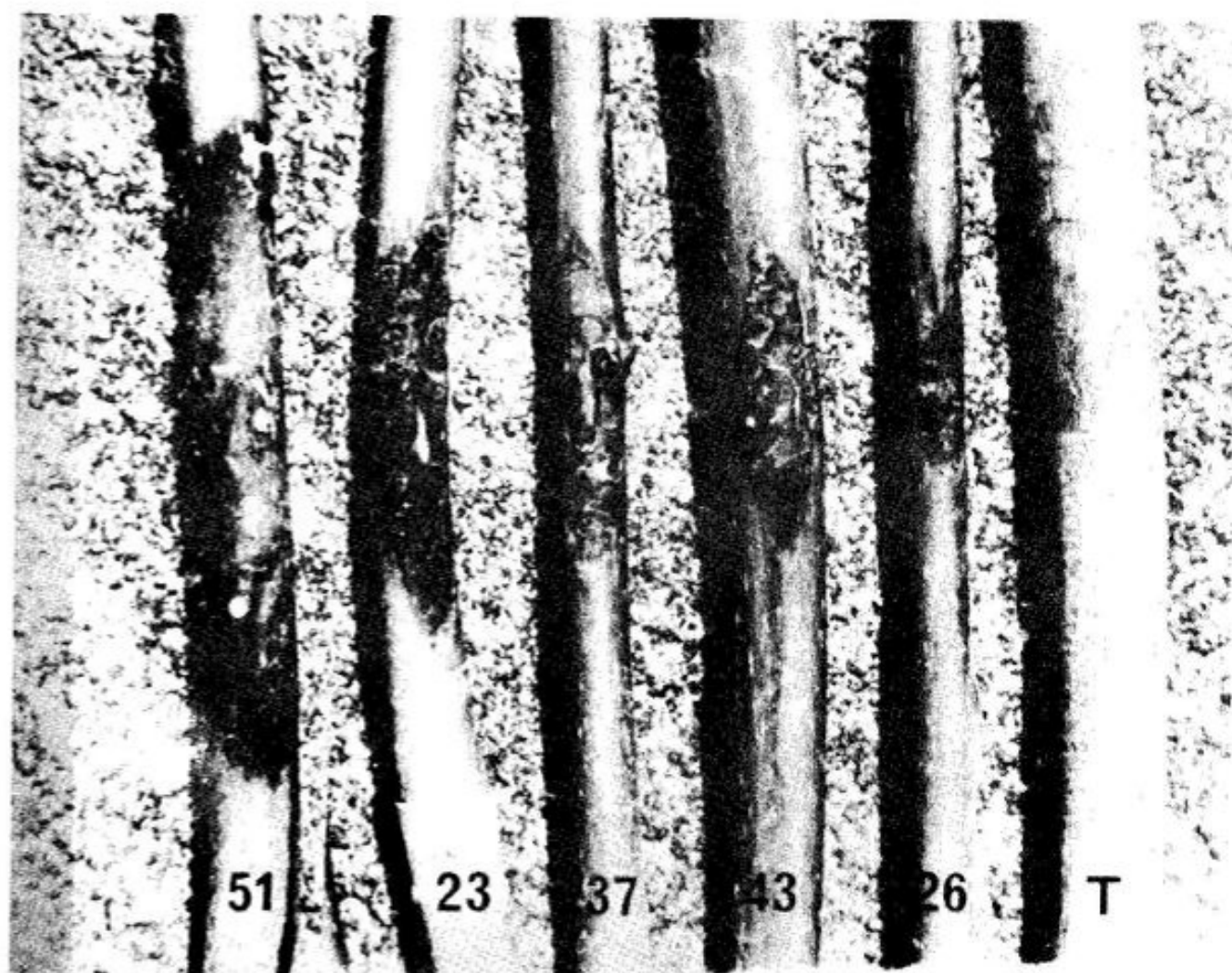


Figura 3 – Caules de seringueira, inoculados com *P. palmivora*, sete dias após inoculação (Foto J. S. Lawrence).

#### Literatura Citada

1. ALBUQUERQUE, F.C. e DUARTE, M.L.R. 1979. Isolamentos de *Phytophthora palmivora*, relacionadas com a requeima de mudas de pimenta-do-reino (Resumo). Fitopatologia Brasileira 4: 85.
2. BRASIER, C.M. e GRIFFIN, M.J. 1979. Taxonomy of "*Phytophthora palmivora*" on Cocoa. Transaction of the British Mycological Society 72 (1) : 111 - 143.
3. CAMPÊLO, A.M.F.L. e MEDEIROS, A.G. 1979. Identificação de formas morfológicas de *Phytophthora palmivora* (Butl.) Butl., no Brasil (Resumo). Fitopatologia Brasileira 4: 97.
4. CHEE, K.H. 1974. Hosts of *Phytophthora palmivora*. In Gregory, P. H., ed. *Phytophthora* disease of cocoa. London, Longman. pp. 81 - 87.
5. GRIFFIN, M.J. 1977. Cocoa *Phytophthora* Workshop, Rothamsted Experimental Station, England, 24 - 26 May 1976. Pans 23 (1): 107 - 110.
6. LAWRENCE, J.S. e RESNIK, F.C.Z. de. 1979. Estudos comparativos sobre a virulência das formas morfológicas de *Phytophthora* em cacaueiro: Resultados preliminares (Resumo). Fitopatologia Brasileira 4: 118 - 119.

7. MEDEIROS, A.G. e MELO, J.W. s.d. Natureza do *P. palmivora* responsável pela podridão parda em cacau Catongo. In Ilhéus, Bahia, Brasil. CEPLAC/Centro de Pesquisas do Cacau. Informe Técnico 1966. Ilhéus. pp. 50 - 56.
8. WATERHOUSE, G.M. 1963. Key to the species of *Phytophthora* de Bary. Kew, England Commonwealth Mycological Institute. Mycological Paper n.º 92. 22 p.
9. ZENTMYER, G.A. 1972. Resistance of cacao to *Phytophthora palmivora*. In: International Cocoa Research Conference, 4th, St. Augustine, Trinidad, 1972. St. Augustine, Government of Trinidad and Tobago, pp. 469 - 470.

□ □ □

## Avaliação preliminar da eficiência do trichlorfon aplicado por helicóptero no controle do mandarová da seringueira *Erinnyis ello*<sup>1</sup>

J.M. de Abreu<sup>2</sup>, Kasten Jr.<sup>2</sup> e J. L. Pereira<sup>3</sup>

### Resumo

Um ensaio de campo foi realizado para avaliar a eficácia de duas dosagens de trichlorfon, aplicado por helicóptero no controle do mandarová da seringueira, *Erinnyis ello*. Os resultados mostram que a eficácia foi de 93,2 e 99,4% para as dosagens de 300 e 800 g de i.a./ha.

**Palavras-chave:** *Hevea brasiliensis*, *Erinnyis ello* L., trichlorfon, inseticida, pulverização aérea

### A preliminary trial to evaluate the efficiency of trichlorfon applied by helicopter to control the rubber leaf caterpillar *Erinnyis ello*

### Summary

A field trial was carried out to evaluate the efficiency of two dosages of trichlorfon, applied by helicopter, to control the rubber leaf caterpillar *Erinnyis ello*. The results showed that efficiency was 93.2 and 99.4% for the dosages of 300 and 800 g a.i./ha respectively, 24 hours after spraying.

**Key words:** *Hevea brasiliensis*, *Erinnyis ello* L., trichlorfon, insecticide, aerial spray

Ensaio de campo, realizados por Abreu (1), mostraram que o trichlorfon 2,5% e carbaryl 7,5% foram os inseticidas em pó mais eficazes no controle do mandarová da seringueira, *Erinnyis ello* L., enquanto o lindane e naled (não sistêmicos) e o citrolane e nuvacron (sistêmicos) foram os mais eficazes entre os concentrados emulsionáveis.

No entanto, estas eficácias foram consideradas baixas, devido, principalmente, à aplicação com equipamentos motorizados costais, que não possuem capacidade de oferecer deposição dos inseticidas nas extremidades superiores da copa das seringueiras.

Assim sendo, o presente trabalho relata os resultados de experimento para

<sup>1</sup> *Lepidoptera: Sphingidae*.

<sup>2</sup> Divisão de Zoologia Agrícola, Centro de Pesquisas do Cacau (CEPEC), Caixa Postal 7, 45.600, Itabuna, Bahia, Brasil.

<sup>3</sup> Setor de Fitossanidade Vegetal, CEPEC.

avaliar a eficácia do trichlorfon no controle ao mandarová, quando aplicado por equipamento instalado em helicóptero.

O experimento foi realizado em seringal plantado com o clone IAN 8000, em pleno período de lançamento e com fuste médio de 10 metros. O trichlorfon (Dipterex 50E)<sup>®</sup> foi aplicado no dia 12/10/79, pela manhã, entre as 8:20 e 8:50 horas, nas dosagens de 300 e 800 g de p.a./ha, adicionados a 20 ml de Triton X-114 (espalhante adesivo) e preparadas em 20 l de água. A pulverização foi efetuada com equipamento instalado em helicóptero apresentando as especificações descritas no Quadro 1.

Cada tratamento foi aplicado em área de 72 x 200 m (três "tiros" de 200 m do helicóptero), deixando-se entre as duas faixas uma bordadura de 50 m. Em cada área, foi utilizada uma parcela útil central de 20 x 100 m, na qual foram previamente selecionadas 10 árvores sob as quais foram colocados lençóis de pano de 4 x 4 m.

A avaliação da eficiência dos tratamentos foi realizada com base no número de lagartas mortas 8 e 24 horas após a aplicação do inseticida. Ao final destas coletas, procedeu-se ao tratamento do choque (knock-down) com BHC 12%, nas árvores previamente selecionadas. Os tratamentos foram comparados pelo teste de qui-quadrado

Quadro 1 - Especificação do equipamento e condições utilizadas na pulverização dos seringais com trichlorfon.

---

Helicóptero: Hughes 500 C.

Diâmetro do rotor: 8 metros

Equipamento: sistema de barra e bicos sob a fuselagem com orientação de 30° em relação ao voo.

Comprimento da barra: 15 metros.

Bicos: 05 - 45 com orientação de 30° em relação ao voo.

Número de bicos: 54

Bomba: Centrífuga acoplada ao motor.

Tanque: 600 litros (capacidade máxima)  
360 litros (capacidade útil)

posição: meio da aeronave, atrás do assento do piloto.

Velocidade de voo: 100 km/h

Altura de voo: 4m acima da copa das árvores.

Vazão: total = 79,56 l/min;  
por bico = 1,48 l/min.

Faixa efetiva: 24m

Volume por ha: 19,9 l.

Vento: velocidade = -4 km/hora.

Temperatura: 21°C

Umidade relativa: 96%

---



considerando o número total de lagartas mortas pelo trichlorfon após 24 horas e o total de lagartas mortas pelo tratamento de choque. A percentagem de eficácia foi determinada estabelecendo-se a relação entre o número de lagartas mortas ao final de 8 e 24 horas da pulverização e o total de lagartas mortas após a pulverização e o polvilhamento de choque.

Os resultados referentes ao número de lagartas mortas por ação dos tratamentos são apresentados no Quadro 2.

no Quadro 3. A maior eficácia foi conseguida com a dosagem de 800 g de p.a./ha decorridas 24 horas da pulverização. Embora o controle exercido pela dosagem mais elevada tenha sido superior a 99%, a menor dosagem ofereceu controle bastante aceitável, superior a 90%, o que leva a crer que a dosagem ideal em termos econômicos se situa entre as duas dosagens testadas.

Os dados permitem concluir que o trichlorfon (Dipterex 50E) pulverizado por helicóptero na dosagem de 800 g

Quadro 2 - Número total de lagartas mortas de *E. ello* após pulverização com trichlorfon e tratamento de choque com BHC 12%. Una, Bahia, outubro, 1979.

| Dosagens<br>(g de p.a./ha) | Horas após pulverização |      | Choque com<br>BHC 12% |
|----------------------------|-------------------------|------|-----------------------|
|                            | 8                       | 24   |                       |
| 300                        | 7232                    | 7388 | 536                   |
| 800                        | 8682                    | 8853 | 53                    |

Como pode ser observado, a infestação foi bastante elevada. O número médio de lagartas por árvore foi de 792,4 e 890,6 nas parcelas tratadas respectivamente com 300 e 800 g de p.a./ha. O número de lagartas remanescentes nas árvores após a pulverização foi significativamente mais elevado na área pulverizada com a dosagem de 300 g de p.a./ha do que na tratada com a dosagem de 800 g de p.a./ha.

As percentagens de eficácia foram bastante elevadas 8 horas após a pulverização, tendo, no entanto, aumentado ainda mais decorridas 24 horas da aplicação, conforme pode ser observado

de p.a./ha foi altamente eficaz, muito embora, quando pulverizado na dosagem de 300 g de p.a./ha, dosagem esta bastante inferior à primeira, tenha também reduzido substancialmente a população do mandaró da seringueira.

Quadro 3 - Eficácia (%) do trichlorfon no controle de *E. ello* em seringal adulto. Una, Bahia, outubro de 1979.

| Dosagens<br>(g de p.a./ha) | Horas após pulverização |       |
|----------------------------|-------------------------|-------|
|                            | 8                       | 24    |
| 300                        | 91,26                   | 93,24 |
| 800                        | 97,59                   | 99,40 |

**Literatura Citada**

ABREU, J.M. de. 1976. Resultados preliminares sobre a eficácia de inseticidas no combate ao mandarová da seringueira (*Erinnyis ello* L.). Revista Theobroma (Brasil) 6 (2): 41 - 46.

□ □ □

---

---

## POLÍTICA EDITORIAL DA REVISTA THEOBROMA

São aceitos para publicação trabalhos que se constituam em original e real contribuição para um melhor conhecimento dos temas relacionados com problemas agronômicos e socio-econômicos de áreas cacaueiras. Os artigos devem ser redigidos em Português, Espanhol, Inglês ou Francês e podem ser preparados sob a forma de artigos científicos, revisões bibliográficas de natureza crítica, notas científicas, recomendações de congressos e cartas ao editor sobre trabalhos publicados na Revista Theobroma.

O autor é responsável exclusivo pelos conceitos e opiniões emitidos no trabalho, mas a Comissão de Editoração se reserva o direito de aceitar ou não o artigo recebido, bem como submetê-lo ao seu corpo de assessores científicos. A publicação dos trabalhos será mais rápida se obedecidas as normas adotadas pela revista, definidas anualmente e publicadas no primeiro número do volume.

Os artigos devem ser submetidos ao Editor, Revista Theobroma, Centro de Pesquisas do Cacau (CEPEC), Caixa Postal 7, 45.600, Itabuna, Bahia, Brasil.

## EDITORIAL POLICY OF REVISTA THEOBROMA

Only papers concerned with subjects related to agronomic and socio-economic problems of cacao growing areas, and which represent an original and significant contribution to the advancement of knowledge in the subject, will be accepted for publication in Revista Theobroma. Material intended for publication should be written in Portuguese, Spanish, English or French and may be accepted as scientific articles, critical reviews, scientific notes, congress recommendations or critical comments on papers published in Revista Theobroma.

Authors are exclusively responsible for concepts and opinions given in the articles. The Editorial Committee, however, reserves the right to accept or refuse papers received for publication following submission to qualified reviewers. Papers will be published sooner if prepared according to the format adopted by Revista Theobroma, guidelines to which are published annually in the first number of each volume.

Manuscripts submitted for publication should be delivered to the Editor, Revista Theobroma, Centro de Pesquisas do Cacau (CEPEC), Caixa Postal 7, 45.600, Itabuna, Bahia, Brazil.

---

---

