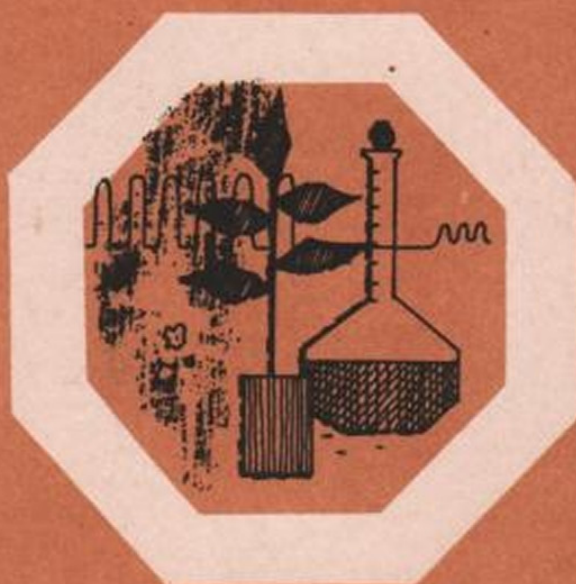


revista **THEOBROMA**



ANO 2 - OUTUBRO - DEZEMBRO 1972 Nº 4

Itabuna-Brasil

REVISTA THEOBROMA

Outubro-Dezembro 1972

Ano II Nº 4

Publicação trimestral dedicada à divulgação de investigação científica relacionada com problemas agronômicos e sócio-econômicos de áreas cacaueiras. Editada pelo Centro de Pesquisas do Cacau (CEPEC), Departamento da Comissão Executiva do Plano de Recuperação Econômico-Rural da Lavoura Cacaueira (CEPLAC).

COMISSÃO EDITORIAL

Coordenador: Antonio Dantas Machado, Membros: Paulo de Tarso Alvim, Fernando Vello, Hermínio Maia Rocha, F. Percy Cabala Rosand, Maria Helena Alencar, William Martin Aitken, Luiz Carlos Cruz e José Correia de Sales.

Enderêço para correspondência (Address for correspondence):

Revista Theobroma
Centro de Pesquisas do Cacau (CEPEC).
Caixa Postal, 7
45.600 - Itabuna-Bahia
Brasil

Tiragem
3.000 exemplares.

CONTEÚDO

1. *Tamanho de parcela e número necessário de repetições em experimentos de produção com cacaueiros.* C.P. Pereira..... 3

Plot size and number of replications for cacao yield experiments (Summary) p. 7.

2. *Efeito de cultivos sucessivos na relação Q/I de potássio.* E. R. de Miranda, K. Igue e G. Paez..... 8

Effect of successive cropping on the quantity-intensity relationship for potassium (Summary) p. 15.

3. *Sistema radicular do cacaueiro em duas unidades de solos do Estado de São Paulo.* A. Cadima Z. e F. J. Coral 16

Radicular system of cacao for two soil types in the State of São Paulo (Summary) p. 22.

4. *Engineering aspects of cocoa drying in Brazil.* B.N. Ghosh. 23

Secagem do cacau no Brasil - Aspectos de engenharia (Resumo) p. 37.

5. *Nematodes associated with different plants at the Centro de Pesquisas do Cacau, Bahia.* R.D. Sharma e P.A.A. Loof.... 38

Nematódios associados com diferentes plantas no Centro de Pesquisas do Cacau, Bahia (Resumo) p. 43.

TAMANHO DE PARCELA
E NÚMERO NECESSÁRIO DE REPETIÇÕES
EM EXPERIMENTOS DE PRODUÇÃO COM CACAUEIROS*

Clóvis Peixoto Pereira**

A dificuldade mais comum em experimentos de campo com plantas perenes é a variabilidade nos resultados, que pode ter sua origem no material genético utilizado, em diferenças de fertilidade de solo ou nas condições climáticas durante a execução do ensaio.

Uma alta variabilidade, introduz incerteza em qualquer conclusão que venha a ser tirada de resultados experimentais (2, 3, 8), desde que o tamanho da parcela e/ou o número de repetições não sejam adequados.

Vários autores, citados por Cunningham (4), evidenciaram que é marcante a variabilidade de produtividade em número de frutos nas plantações de cacau. Cheesman e Pound (1) concluíram que os resultados de experiências de campo com cacaueiros de idade heterogêneas não podem ser recomendados sem observações prévias de produção e que ensaios em quadrados la-

tinis, com 12-18 cacaueiros por parcela com idade uniformes, podem propiciar separar diferenças de 30%. Paez e Siller (8), chegaram à conclusão de que poderiam ser utilizadas parcelas de oito cacaueiros com um adequado número de repetições. Esquivel e Soria (5) indicam parcelas de seis plantas para ensaios com clones propagados por estacas, enquanto, para material proveniente de sementes, dão um mínimo de 12 cacaueiros.

No presente trabalho, são apresentados resultados sobre o tamanho ótimo de parcela experimental associado a um número mínimo de repetições que permita medir diferenças pequenas de produções entre os tratamentos em plantações adultas e comerciais de cacau na Bahia.

MATERIAIS E MÉTODOS

Serviram de base a este estudo a produção média em núme-

* Recebido para publicação em julho, 1972.

* Trabalho apresentado na XXII Reunião Anual da Sociedade Brasileira Para o Progresso das Ciências; Simpósio de Pesquisas Sobre Cacau, Salvador, julho, 1970.

** Engº Agrº, Responsável pelo Centro de Processamento de Dados do CEPEC.

ro de frutos e peso úmido das sementes de 180 plantas obtido durante 8 anos de um campo de progênies de cacaueiros da Escola Média de Agricultura da Região Cacaueira (EMARC) em Uruçuca (Bahia), e a produção individual em número de frutos de 300 cacaueiros controlada por 2 anos em um campo comercial no CEPEC. Os cacaueiros da EMARC estão plantados em solo da unidade Low Humic Clay, espaçados de 4 x 4 m e sombreados com *Erythrina glauca* e, no CEPEC, em solo hidromórfico, espaçamento irregular (em torno de 3,70 x 3,70 m) e sombreados com diversas espécies botânicas.

O tamanho ótimo da parcela, foi determinado pelo método da "curvatura máxima" (6). Os coeficientes de variação são calculados para cada tamanho de parcela e em um plano de coordenadas são estes valores relacionados a uma curva. O tamanho ótimo da parcela é determinado por inspeção e corresponde ao ponto onde a curvatura é máxima.

Com as produções dos campos em estudo foram realizados ensaios hipotéticos para determinar a variação simultânea do tamanho da parcela e do número de repetições e efetuadas análises estatísticas, determinando-se os coeficientes de variação e diferenças mínimas significativas pelo teste de "t".

Em virtude de existirem dois tipos de dados de produção, número de frutos e peso de amêndoas úmidas de cacau, procurou-se com as produções de uma úni-

ca safra de um mesmo campo, verificar qual dos dados conferia maior precisão aos ensaios, ao variar o tamanho da parcela e número de repetições.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Sete ensaios hipotéticos foram realizados no campo da EMARC e 10 no do CEPEC e os resultados obtidos (Quadros 1 e 2) mostram que um aumento no tamanho da parcela diminui o coeficiente de variação e, conseqüentemente, melhora a precisão do ensaio. Isto se deve, aparentemente, à pouca uniformidade de produção que apresentam as parcelas com reduzido número de árvores adultas, mesmo que sejam estas de uma mesma idade.

Quadro 1 - Coeficiente de variação (C.V.) e diferença mínima significativa (DMS) em porcentagem do peso médio das amêndoas úmidas de cacau em parcelas de diferentes tamanhos (EMARC).

Plantas por parcela (Nº)	Repetições (Nº)	C.V. (%)	DMS (%)
1	30	32,18	16,32
2	15	24,44	17,80
3	10	20,37	18,31
5	6	16,79	19,87
6	5	13,95	18,41
10	3	12,22	22,26
15	2	14,06	36,13

Quadro 2 - Coeficiente de variação (C.V.) e diferença mínima significativa (DMS) em porcentagem do número de frutos de cacau colhidos em parcelas de diferentes tamanhos (CEPEC).

Plantas por parcela (Nº)	Repetições (Nº)	C.V. (%)	DMS (%)
1	60	70,36	25,37
2	30	49,16	25,02
3	20	38,58	24,36
4	15	35,34	25,77
5	12	28,14	23,17
6	10	27,02	24,24
10	6	21,69	26,10
12	5	22,61	30,18
15	4	16,04	24,66
20	3	22,05	41,51

No entanto, à medida que o número de repetições diminui, a diferença mínima significativa a ser detectada torna-se mais elevada.

Os dados do Quadro 1 indicam ainda que ensaios com menos de cinco repetições não devem ser realizados pois, além deste limite, apenas diferenças maiores do que 20% poderão ser detectadas. Entretanto, os resultados do Quadro 2 mostram que, para separar diferenças menores que 30%, ensaios com menos de seis repetições não devem ser realizados.

A representação gráfica dos resultados encontrados evidencia

que, para cacauais com espaçamento uniforme (Figura 1), a curvatura máxima localiza-se em nove plantas e, quando o espaçamento é irregular, em 14 (Figura 2).

A menor variabilidade dos resultados verificada na EMARC em relação ao do CEPEC, deve-se mais à origem genética do material utilizado e ao espaçamento uniforme dos cacaueiros e árvores de sombra do que à natureza do solo.



Figura 1 - Coeficiente de variação (C.V.) do peso médio das amêndoas úmidas de cacau em função do tamanho de parcela.

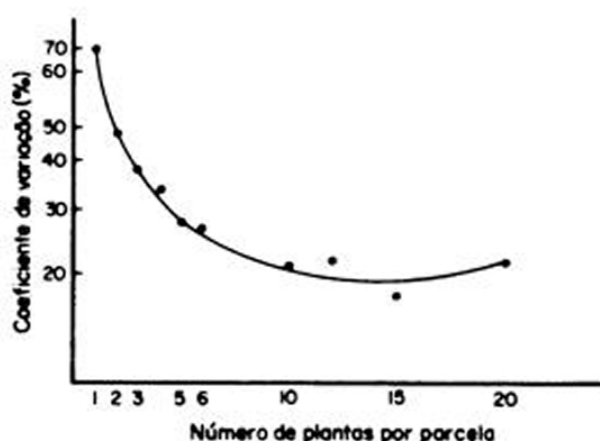


Figura 2 - Coeficiente de variação (C.V.) do número de frutos de cacau colhidos em função do tamanho de parcela.

Comparando-se os coeficientes de variação das coletas expressos em número de frutos e em peso de sementes apresentados no Quadro 3, observa-se que seus valores são bem semelhantes. Assim, nos ensaios de produção do cacauzeiro é indiferente considerar na análise dos dados o número de frutos ou o peso úmido de suas amêndoas.

Quadro 3 - Coeficiente de variação (C.V.) de número de frutos e peso de amêndoas de cacau para diferentes tamanhos de parcelas e número de repetições.

Plantas por parcela (nº)	Repetições (nº)	C.V. do número de frutos (%)	C.V. do peso de amêndoas (%)
1	30	47,43	48,12
2	15	35,50	35,59
3	10	22,51	30,36
5	6	24,25	21,91
6	5	23,28	24,59
10	3	25,95	20,55

Os resultados do presente estudo confirmam os anteriormente reportados por alguns autores (1, 4). Entretanto diferem pouco dos de Páez e Siller (7) e Esquivel e Soria (5), que recomendam um mínimo de oito cacauzeiros por parcela para material proveniente de sementes. Esta divergência é de menor importância para o caso de campos estabelecidos por via sexuada, com uniformidade de sombra e espaçamento, todavia, para campos desuniformes, os resultados do presente estudo indicam que 14 plantas é o número mínimo que deve ser utilizado por parcela.

Conclui-se também que, em experimentos de produção com o cacauzeiro, nas condições do Sul da Bahia, o tamanho mínimo da parcela deverá ser de nove plantas com cinco repetições para áreas com espaçamento e sombra uniformes e de 14 plantas, com seis repetições, para áreas com espaçamento e sombra irregulares.

AGRADECIMENTOS

Ao Sr. Eduardo S. Teixeira pela tabulação e cálculo dos dados.

LITERATURA CITADA

- CHEESMAN, E.E. and POUND, F.J. Uniformity trials on cocoa. *Tropical Agriculture (Trinidad)* 9(9):277-288. 1932.
- CONAGIN, A. Princípios de técnica experimental e análise estatística de experimentos. Campinas, Brasil, Instituto Agromômico, 1961. Parte 2. (Mimeografado).
- COCHRAN W.G. and COX, G.M. *Experimental designs*. 2nd ed. New York, Willey, 1950. 611 p.

4. CUNNINGHAM, R.K. Relatório de uma visita ao Centro de Pesquisas do Cacau. Itabuna, Brasil, Centro de Pesquisas do Cacau. Comunicação Técnica nº 3. 1967. 15 p.
5. ESQUIVEL, O. y SORIA V., J. Estudio preliminar sobre el tamaño mínimo de la parcela de cacao. American Society for Horticultural Sciences. Caribbean Region. Proceedings 10:148-153. 1966.
6. FEDERER, W. T. Experimental design; Theory and application. New York, MacMillan, 1955. 538 p.
7. PAEZ, G.B. y SILLER, L. El tamaño de la parcela experimental de cacao. Cacao (Costa Rica) 8(4):12-13. 1963.
8. GOMES, F.P. Curso de estatística experimental. 2ª ed. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". 1963. 384 p.

RESUMO

Para ensaios de produção com cacaueiro, em campos estabelecidos com uniformidade de sombra e espaçamento, determinou-se que parcelas com um mínimo de nove plantas e com cinco repetições é o mais recomendável. Para lavouras desuniformes, o número se eleva para 14 plantas, com um mínimo de seis repetições. Sem prejudicar a precisão dos ensaios, dados de produção podem ser obtidos tanto pelo número de frutos como pelo peso úmido das amêndoas.

PLOT SIZE AND NUMBER OF REPLICATIONS FOR CACAO YIELD EXPERIMENTS

SUMMARY

For yield trials with cacao trees uniformly planted in relation to shade and spacing, plots with a minimum of nine plants and five replications have been found to be most suitable. Fields with no regular spacing or shade the number of plants needed is 14 with a minimum of six replications. Yield data can be obtained from either the number of pods or the fresh weight of the beans without affecting the precision of the results.



EFEITO DE CULTIVOS SUCESSIVOS NA RELAÇÃO Q/I DE POTÁSSIO*

Emo Ruy de Miranda**
Kozen Igue***
Gilberto Paez****

O teor de potássio trocável e a liberação de potássio não trocável têm sido muito empregados como critérios do K disponível para as plantas. Ultimamente, tem-se dado muita atenção ao conhecimento da relação Q/I como um bom índice para interpretar as reações que se processam no sistema solo/planta. Desse modo, o suprimento de K para as plantas tem sido definido através dos fatores quantidade e intensidade. A intensidade, segundo Beckett (5, 6), é definida como a concentração dos ions na solução do solo em determinado momento; a quantidade se refere à reserva total de potássio disponível para as plantas.

Vários pesquisadores (3, 4, 8) têm procurado relacionar o crescimento de planta e a absorção de nutrientes com a relação Q/I. Assim, Roux e Sumner (14) encontraram que o parâmetro $-\Delta K_0$ (Q_0) correlacionou-se com

o K absorvido pela planta, enquanto que o potencial potássico $[pK - 1/2p(Ca+Mg)]$ deu correlações baixas com o K absorvido.

A falta de conhecimentos sobre a aplicação da relação Q/I em solos desenvolvidos nos trópicos contribuiu para que se levasse a efeito o presente trabalho.

MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho foi conduzido no Centro Técnico de Enseñanza e Investigación do Instituto Interamericano de Ciências Agrícolas da OEA, Turrialba, Costa Rica.

Empregaram-se amostras de um solo Inceptisol de um experimento NPK $2^3 \times 3$, com cacauieiro, coletadas a uma profundidade de 0-20 cm, nas parcelas que receberam o tratamento $N_1 P_1 K_0$.

* Recebido para publicação em julho, 1972.

** Parte de tese apresentada pelo autor principal ao Centro Tropical de Enseñanza y Investigación, Turrialba, Costa Rica, para obtenção do grau de Magister Science. Trabalho levado a efeito parcialmente sob contrato AT(30-1)2043 com a Comissão de Energia Atômica dos EUA e IICA.

*** Engº Agrº, Assistente do Setor de Fertilidade da Divisão de Solos do CEPEC.

**** Estatístico Associado, IICA, CTEI, Turrialba, Costa Rica.

Utilizaram-se 2 700 g de solo seco ao ar, correspondentes a 2 500 g de solo seco em estufa a 110°C, em vasos de metal com capacidade para 3 000 g.

Como planta indicadora, empregou-se o milho híbrido Roca-mex, cultivado em casa de vegetação, cinco plantas por vaso. A colheita da parte aérea foi feita 28 dias após a germinação, repetindo-se o cultivo por mais duas vezes.

A fim de eliminar o possível efeito da decomposição das raízes sobre o teor de potássio e, conseqüentemente, sobre a relação Q/I, no final de cada período, o solo foi retirado dos vasos, destorroado e peneirado várias vezes, para eliminar as raízes.

Usou-se um delineamento experimental inteiramente ao acaso, com desenho de tratamento fatorial 3³, onde foram comparados os efeitos de três níveis de umidade do solo com três níveis de potássio, três cultivos e quatro repetições. Os tratamentos foram: a. Testemunha; b. 150 ppm de K; e c. 300 ppm de K.

A umidade do solo foi controlada através de pesagens diárias, determinando-se em pratos de sucção a umidade do solo correspondente a 0,33; 0,5; 1,0 e 10,0 bares e calculando-se com base nesses dados os pesos respectivos para cada tratamento. Sempre que a umidade do solo atingia os valores limites (0,5; 1,0 e 10,0 bares), o solo era irrigado até atingir 0,33 bares. Para manter o solo com níveis

adequados de nutrientes, aplicou-se uma mistura fertilizante composta de N, P, Ca, Mg, S e micronutrientes, conforme sugerido por Hardy e Bazan (11).

Antes do plantio e no final de cada cultivo, coletaram-se amostras de solos para a determinação de K trocável e da relação Q/I, segundo a técnica proposta por Beckett (6). No final de cada período de colheita, determinaram-se os teores de K absorvido pela planta. Os parâmetros ΔK_0 , AR_0 e PBC foram calculados conforme descrito em trabalho anterior (12).

RESULTADOS

No primeiro cultivo, os efeitos de doses de potássio e da interação doses versus tensão de umidade do solo não foram significativos (Quadro 1). Nesse período, verificou-se que o efeito mais acentuado foi o da tensão da umidade do solo. No segundo cultivo, ao contrário, o efeito dose de potássio e tensão umidade do solo foi significativo e, no terceiro, eles não afetaram a produção. Vale a pena ressaltar, todavia, que a produção obtida no terceiro período alcançou apenas 16% da atingida no primeiro (Quadro 1).

Antes do primeiro cultivo, os valores dos parâmetros ΔK_0 e AR_0 modificaram-se positivamente por ação de doses de potássio (Figura 1). Após o primeiro cultivo, observou-se uma drástica diminuição nos valores de ΔK_0 e AR_0 . Esses efeitos

Quadro 1 - K trocável, K tomado pela planta e produção de matéria seca de plantas de milho, por efeito de cultivos sucessivos.

Tratamentos		K trocável (mEq/q/100g)			K tomado pela planta (gramas/vaso)			Produção (gramas/vaso)		
Tensão (bares)	Doses de potássio (ppm K)	Antes do cultivo	Após o 1º cultivo	Após o 2º cultivo	Após o 1º cultivo	Após o 2º cultivo	Após o 3º cultivo	Após o 1º cultivo	Após o 2º cultivo	Após o 3º cultivo
0,5	0,0,0	0,385	0,197	0,122	0,405	0,061	0,040	27,70	10,27	4,60
0,5	150,0	0,510	0,197	0,144	0,693	0,069	0,040	30,92	11,72	4,50
0,5	300,0	0,860	0,211	0,128	0,961	0,073	0,043	32,05	12,27	4,30
1,0	0,0	0,350	0,160	0,122	0,394	0,064	0,048	28,17	10,87	4,80
1,0	150,0	0,490	0,198	0,134	0,661	0,069	0,039	29,00	11,57	3,80
1,0	300,0	0,750	0,256	0,160	0,985	0,070	0,042	30,00	11,80	4,60
10,0	0,0	0,370	0,198	0,128	0,259	0,069	0,043	22,15	11,82	4,10
10,0	150,0	0,520	0,249	0,159	0,667	0,082	0,038	23,97	13,90	4,20
10,0	300,0	0,580	0,261	0,159	0,920	0,087	0,037	23,00	14,80	4,20

foram invariavelmente constatados para as diferentes tensões de umidade do solo. Após o segundo cultivo, constatou-se que as diminuições nos parâmetros $-\Delta K_0$ e AR_0 não foram tão acentuadas. Nesse período, a reserva de K disponível para as plantas ($-\Delta K_0$) atingiu a valores quase nulos. Particularmente, no caso do parâmetro AR_0 , observou-se uma variação de $0,5 \times 10^{-4}$ a 2×10^{-4} (mol/l)^{1/2}. Nesse mesmo período, os valores de $-\Delta K_0$ variaram de 0,0071 a 0,0548 mEq/100g. Verificou-se também que o consumo de K pelo milho diminuiu bastante após o primeiro cultivo.

Os parâmetros estimados da função geométrica múltipla (Quadro 2), mostraram que, com exceção da variável época de cultivo, as demais não modificaram a função. Desse modo, constatou-se que a maioria dos coeficientes das variáveis tensão de umidade

e doses de potássio (B_1 e B_2) é praticamente constante, aproximando-se da unidade. No entanto, o coeficiente da variável tensão de umidade do solo sobre o parâmetro produção foi muito baixo (0,39820), indicando que o aumento da tensão teve efeito deprimente sobre a produção.

Os coeficientes da variável época de cultivo foram, na maioria dos casos, inferiores à unidade, indicando que essa variável atuou de modo a diminuir os valores correspondentes aos parâmetros $-\Delta K_0$, AR_0 , produção e K absorvido pela planta; no entanto, esse mesmo fato não foi observado para o parâmetro PBC, o qual aumentou com cultivos subsequentes. A taxa de incremento geométrico desse parâmetro foi da ordem de 1,8520, enquanto que a taxa geométrica de decréscimo dos parâmetros $-\Delta K_0$, K trocável e AR_0 em re-

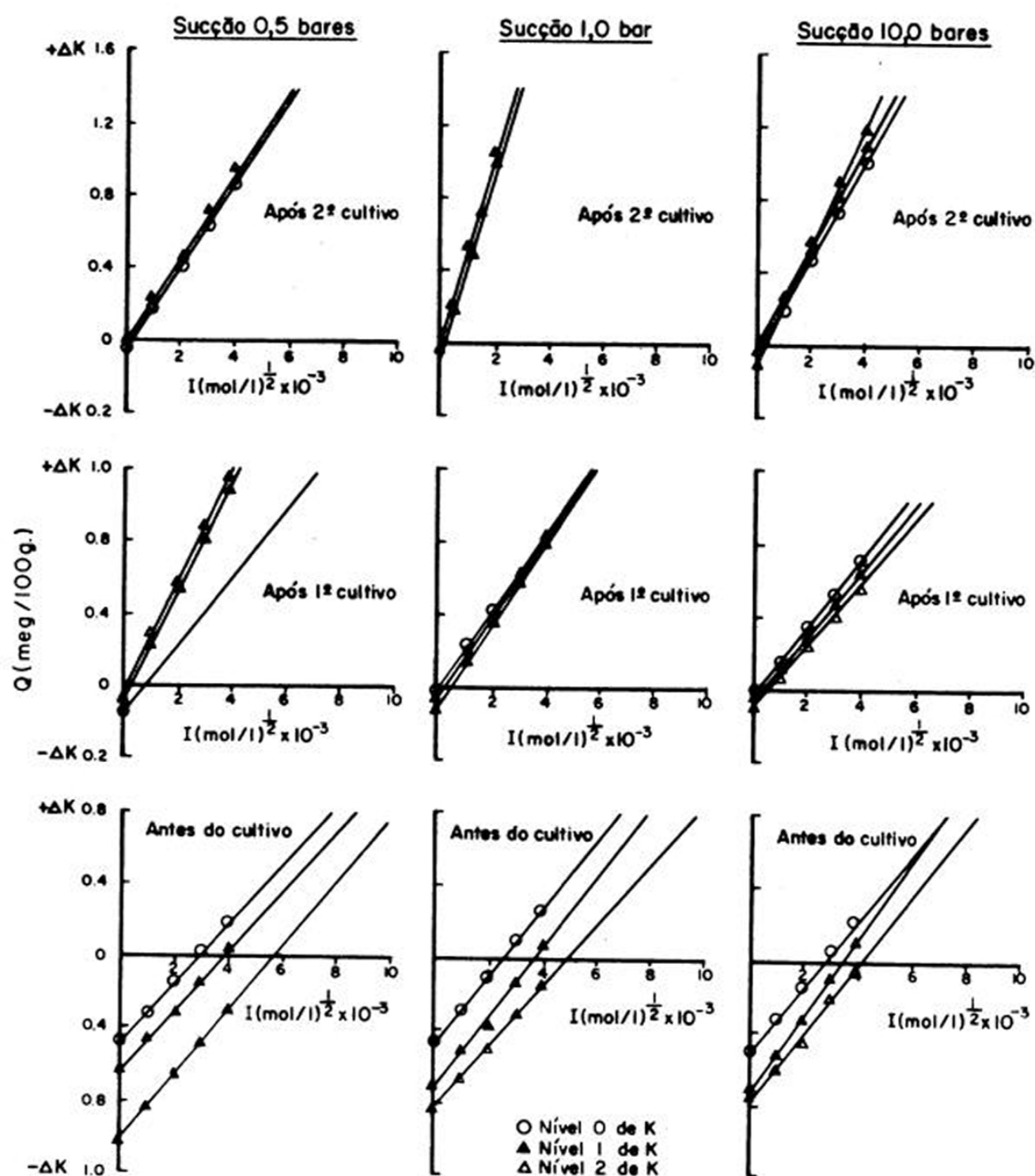


Figura 1 - Efeito de cultivos sucessivos de milho, doses de K e tensão de umidade do solo sobre a relação Q/I de um Inceptisol.

lação à época foram 0,1680; 0,5131 e 0,14137, respectivamente.

Os valores de $r^2 \cdot 100$ variaram de 73,6 a 97,9 (Quadro 2), indicando que a equação $y = B_0 \cdot B_1^{x_1} \cdot B_2^{x_2} \cdot B_3^{x_3}$ explica ma-

tematicamente o que ocorreu com os parâmetros estudados. Nessa equação, y representa os parâmetros AR_0 , PBC , $-\Delta K_0$, K trocável e K absorvido e x_1 , x_2 e x_3 representam, respectivamente, tensão de umidade do solo, doses de K e época de cultivo.

Quadro 2 - Coeficientes da equação geométrica múltipla $y = B_0.B_1^{x_1}.B_2^{x_2}.B_3^{x_3}$, para os diferentes parâmetros da relação Q/I, produção, K absorvido e K trocável.

Parâmetros	C o e f i c i e n t e s				
	B ₀	B ₁	B ₂	B ₃	r ² .100
Produção	28,0630	0,39820	1,0002	0,39812	97,90
AR ₀ (I ₀)	0,0027	0,99644	1,0002	0,14137	87,20
-ΔK ₀ (Q ₀)	0,5367	1,0132	1,0000	0,16800	84,90
PBC	183,3510	1,0052	0,9999	1,85200	73,60
K trocável	0,3953	1,0052	1,0001	0,51310	90,50
K absorvido	0,4171	0,9997	1,0002	0,25830	85,90

No Quadro 3, estão os coeficientes de correlação linear entre os parâmetros obtidos pela técnica Q/I, K trocável e K absorvido pelo milho. Interpretando-se essa matriz, com base nos valores de r².100, pode-se verificar que existem altas associações entre os parâmetros AR₀ determinados antes do primeiro cultivo, com o K absorvido pelo milho no primeiro cultivo e com o total de K absorvido nos dois cultivos. Esse mesmo parâmetro deu altas associações com os valores de -ΔK₀ obtidos após o primeiro cultivo e associações médias com os valores de PBC, obtidos antes e depois do primeiro cultivo.

Os parâmetros -ΔK₀ e K trocável determinados antes do primeiro cultivo associaram-se altamente entre si e com o K absorvido pelo milho, enquanto os valores de K trocável determinados após o primeiro e segundo

cultivos deram associações médias com o K absorvido pelo milho.

DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

Os aumentos de produção obtidos por efeito da aplicação de potássio foram relativamente baixos. No entanto, a diminuição dos parâmetros -ΔK₀ e AR₀, após sucessivos cultivos, concordam com os resultados encontrados por vários pesquisadores (1, 10, 14). Segundo Gama (10), o cultivo do trigo diminuiu o parâmetro AR₀ em todos os solos ensaiados, sendo que os decréscimos maiores foram constatados nos que tinham os mais altos valores de AR₀. Esse autor observou que, após o primeiro cultivo, o parâmetro AR₀ sofreu uma grande diminuição. Após o segundo cultivo, os valores de AR₀, para os diferentes solos, estavam muito baixos, atingindo às vezes valo-

Quadro 3 - Matriz de correlação entre os diferentes parâmetros determinados pela relação Q/I, K trocável e K absorvido pelo milho.

AR ₀			PBC			-ΔK ₀			K trocável			K absorvido pelo milho			Variáveis
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
1,00	-0,06	-0,52	-0,28	-0,10	-0,35	0,91	0,08	-0,30	0,95	0,63	0,53	0,95	0,41	0,95	x1
	1,00	-0,03	-0,62	0,80	-0,36	-0,25	0,86	0,19	-0,10	0,06	-0,13	-0,07	-0,35	-0,08	x2
		1,00	0,69	0,13	0,83	-0,32	-0,00	0,74	-0,39	0,06	0,09	-0,43	0,16	-0,41	x3
			1,00	-0,47	0,62	0,11	-0,51	0,22	-0,07	-0,05	0,01	-0,15	0,39	-0,13	x4
				1,00	-0,12	-0,27	0,84	0,40	-0,09	-0,02	-0,20	-0,25	-0,47	-0,26	x5
					1,00	-0,24	-0,29	0,71	-0,32	0,25	0,41	-0,28	0,32	-0,26	x6
						1,00	-0,10	-0,32	0,95	0,53	0,40	0,88	0,50	0,88	x7
							1,00	0,16	0,06	0,27	0,01	0,02	-0,07	0,02	x8
								1,00	0,21	0,21	0,21	-0,29	-0,10	-0,28	x9
									1,00	0,54	0,40	0,90	0,37	0,89	x10
										1,00	0,89	0,69	0,78	0,70	x11
											1,00	0,65	0,75	0,66	x12
												1,00	0,55	1,00	x13
													1,00	0,57	x14
														1,00	x15

Convenções

Variáveis: x1, x4, x7, x10 foram determinadas antes do cultivo.

x2, x5, x8, x11, x13 após o 1º cultivo.

x3, x6, x9, x12, x14 após o 2º cultivo.

x15 corresponde ao total de K assimilado pelo milho nos dois períodos.

res de $0,3 \times 10^{-3}$ e, em outros casos, $0,7 \times 10^{-3}$ (mol/l)^{1/2}. Acquaye, Mac Lean e Rice (1), por outro lado, encontraram que alguns solos, após serem submetidos a cultivos sucessivos, sofriam diminuições drásticas no parâmetro AR₀ ao passo que, em outros, essas diminuições eram pequenas.

As aplicações de potássio aumentaram os parâmetros AR₀ e -ΔK₀, mas não afetaram muito o valor do PBC. Esses dados concordam com as observações feitas por diversos pesquisadores (5, 6, 7, 9), os quais encontraram que, após a aplicação de K a um solo, as relações Q/I eram iguais às obtidas nos solos não tratados, porém deslocadas verticalmente. Desse modo, AR₀ e -ΔK₀, segundo Roux e Sumner (14), correlacionaram-se perfeitamente com o potássio aplicado.

Os aumentos no valor de PBC nos dois primeiros cultivos coincidem com dados encontrados por alguns pesquisadores (1, 10). Segundo Mortland, Lawson e Uehara (13), a liberação de K fixado, através de cultivos sucessivos, aumenta a CTC e consequentemente o PBC.

Addiscott e Talibudeen (3), usando a energia livre como fator de intensidade nas relações Q/I, informam que o PBC é a mudança no K trocável do solo por unidade de variação no potencial, ou seja: $PBC = K_1 - K_2 / \Delta G_1 - \Delta G_2$, onde K e G são respectivamente o K trocável e a energia livre parcial de K no solo. Segundo esses autores, este PBC diminui à medida que o teor de K do solo diminui, ou seja, necessita-se de realizar maior trabalho para extrair a mesma quantidade de K por unidade de peso de solo.

As altas correlações obtidas entre os parâmetros - ΔK_0 e K tomado pelo milho demonstraram, em parte, que esse parâmetro poderá ser empregado como um índice satisfatório capaz de explicar a disponibilidade de K para as plantas.

As baixas correlações que foram obtidas entre PBC e K tomado pelo milho são explicadas com base em que o PBC é um parâmetro que mede a resistên-

cia à troca de potássio no solo (2). Desse modo, esse parâmetro é muito importante para determinar o valor comparativo da frequência de adubação a ser aplicada a diferentes solos.

Com base nos resultados aqui discutidos, é muito provável que a relação Q/I possa ser aplicada em solos desenvolvidos nas zonas tropicais para explicar a disponibilidade de K para as plantas.

LITERATURA CITADA

1. ACQUAYE, D. K., MAC LEAN, A. J. and RICE, H. M. Potential and capacity of potassium in some representative soils of Ghana. *Soil Science* 103:79-89. 1967.
2. ADDISCOTT, T.M. and TALIBUDEEN, O. The buffering capacity of potassium reserves in soils. *Potash Review*. Sec. 4. no. 45:1-24. 1969.
3. ARNOLD, P.W. The potassium status of some english soils considered as a problem of energy relationships. *Proceedings of Fertilizer Society* 72:25-55. 1962.
4. BARROW, N.J. Nutrient potential and capacity. II. Relationship between potential and buffering capacity and the supply of potassium and phosphorous. *Australian Journal Agriculture Research* 16:61-77. 1965.
5. BECKETT, P.H.T. Studies on soil potassium. I. Confirmation of the law measurement of potassium potential. *Journal of Soil Science* 15:1-8. 1964.
6. _____. Studies on soil potassium. II. The immediate Q/I relations of labile potassium in the soil. *Journal of Soil Science* 15:9-23. 1964.
7. _____ and NAFADY, M.H.M. The effect of K fixation and release on the form of the K/(Ca+Mg) exchange isotherm. *Journal of Soil Science* 18:244-262. 1967.
8. _____ and WHITE, R.E. Studies on the phosphate potentials of soils. II. The pool of labile inorganic phosphate. *Plant and Soil* 21:253-283. 1964.
9. _____ et al. Studies on soil potassium. The stability of Q/I relations. *Plant and Soil* 25:435-455. 1966.

10. GAMA, M.V. da. Potencial e capacidade de alguns solos em relação ao potássio e sua variação com o cultivo. *Agronomia Lusitana* 28:105-123. 1966.
11. HARDY, F. and BAZAN, R. Studies in Costa Rica. II. Pot-tests. Turrialba, Costa Rica, Inter-American Institute of Agricultural Science, 1963. V. 3, pp. 2-3. (Mimeografado).
12. MIRANDA, E.R. e IGUE, K. Quantidade/Intensidade de potássio em solos da região cacauzeira da Bahia. *Revista Theobroma (Brasil)* 2(3):47-55. 1972.
13. MORTLAND, M. M., LAWSON, K. and UEHARA, G. Alteration of biotite to vermiculite by plant growth. *Soil Science* 82: 477-481. 1956.
14. ROUX, J.L. and SUMNER, M.E. Labile potassium in soils. II. Effect of fertilization and nutrient uptake on the potassium status of soils. *Soil Science* 106:331-337. 1968.

RESUMO

O presente trabalho descreve os resultados do efeito de cultivos sucessivos, tensão de umidade do solo e níveis de potássio sobre os parâmetros Q/I , K trocável e K absorvido por plântulas de milho, cultivadas em casa de vegetação em um Inceptisol.

O valor $Q (\pm \Delta K)$ e $I (AR_0)$ diminuiu acentuadamente após o primeiro cultivo, e continuou a diminuir nos cultivos subsequentes. O PBC (capacidade tampão de K) aumentou com o cultivo. Não se observaram mudanças significativas nos parâmetros Q/I devido à tensão de umidade. A aplicação de K aumentou os valores de Q e I .

EFFECT OF SUCCESSIVE CROPPING ON THE QUANTITY-INTENSITY RELATIONSHIP FOR POTASSIUM

SUMMARY

This paper describes the effect of successive cropping, soil moisture tension and potassium levels on Q/I relationship, exchangeable K , and K , absorbed by maize seedlings, cultivated in greenhouse conditions.

The value of $Q (\pm \Delta K)$ and $I (AR_0)$ decreased markedly after first cropping, and continued to decrease following second third successive cropping. The PBC (Potential buffering capacity) increased with the moisture tension changed. Application of K to these soil increased the Q/I parameters.

SISTEMA RADICULAR DO CACAUEIRO
EM DUAS UNIDADES DE SOLOS
DO ESTADO DE SÃO PAULO*

Antonio Cadima Zevallos**
Fausto J. Coral***

Embora afastado das regiões consideradas tipicamente cacau-eiras, o Estado de São Paulo vem, desde 1948, efetuando pequenas plantações em diversas áreas, através do Instituto Agrônomo de Campinas, a fim de estudar a possibilidade de implantar a cacauicultura em algumas de suas regiões.

Estudos sobre o desenvolvimento do sistema radicular da planta, em diferentes tipos de solo, permitem um melhor conhecimento da capacidade de exploração das raízes, fornecendo assim subsídios para os métodos de manejo a serem utilizados. Em solos típicos da região cacau-eira da Bahia, verificou-se que a profundidade do solo é fator de grande importância para o desenvolvimento do sistema radicular do cacau-eiro (2).

Em vista da falta de informações sobre a distribuição do sistema radicular do cacau-eiro

em São Paulo, realizou-se o presente trabalho em duas unidades de solos situadas em regiões consideradas viáveis para a cacauicultura naquele Estado.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os estudos foram levados a efeito em duas regiões do Estado de São Paulo, consideradas viáveis para a cacauicultura (3). A primeira, localizada no vale do Ribeira, zona litorânea sul do Estado, a 39 m de altitude, apresenta temperatura média anual de 22,7°C e precipitação média anual de 1500 mm; as médias mensais no período de mais baixa precipitação - maio a setembro - são superiores a 60 mm com exceção do mês de agosto. A segunda está situada na região do Planalto, norte do Estado, município de Severina, entre os vales dos rios Turvo e Mogi-Guaçu e a 490 m de altitude; a temperatura média anual é de 21,9°C e a

* Recebido para publicação em julho, 1972.

** Engº Agrº, Responsável pelo Setor de Física de Solos da Divisão de Solos do CEPEC.

*** Engº Agrº, Fitomelhorista do Instituto Agrônomo de Campinas, São Paulo, Brasil.

precipitação média anual 1 300 mm; no período de maio a setembro as médias mensais são inferiores a 60 mm.

No vale do Ribeira, as observações foram conduzidas na Estação Experimental de Pariquera-Açu, utilizando-se 10 plantas do cultivar Sca-12 com 12 anos de idade e com espaçamento de 4 x 4 m. No Planalto, nas Fazendas Reunidas d'Álvora, utilizando-se oito plantas oriundas de cruzamentos interclonais diversos e duas de polinização livre do cultivar Comum da Bahia, com 5 anos de idade e espaçamento de 3 x 3 m.

Os solos das duas regiões pertencem às unidades podzólico vermelho amarelo "intergrade" para latosol vermelho amarelo e solos podzolizados de Lins e Marília, variação Marília, respectivamente (4). Para a caracterização física e química das unidades de solo, coletaram-se amostras a cada 20 cm de profundidade. A composição granulométrica dos solos foi determinada pelo método de Vettori e Pierantoni (6). O valor da soma de bases (cálcio, magnésio, sódio e potássio) foram determinados da seguinte forma: os dois primeiros e o alumínio, calcularam-se pelo KCl normal, com titulação e os últimos pelo método de Carolina do Norte (5). O pH foi determinado em água a 1:2,5 e o fósforo assimilável também pelo método de Carolina do Norte.

As raízes foram estudadas segundo a metodologia proposta por Boynton e Sands (1). As trincheiras mediam 1,80 m de com-

primento (face voltada para o cacauzeiro), 0,80 m de largura e 1,20 m de profundidade. Em cada uma delas, na face mais próxima do cacauzeiro, marcaram-se cinco quadrados de 0,30 x 0,30 m em quatro profundidades diferentes (0,00-0,30; 0,30-0,60; 0,60-0,90 e 0,90-1,20 m), anotando-se o número e o diâmetro das raízes. Quanto ao diâmetro, as raízes foram agrupadas em cinco classes: <2 mm, 3 a 5 mm, 6 a 10 mm, 11 a 20 mm e >20 mm. Consideraram-se somente as raízes laterais, uma vez que era inviável a contagem e medição das raízes oriundas da raiz principal devido à distância entre a trincheira e o cacauzeiro.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados encontrados no vale do Ribeira (Quadro 1), mostram que o teor de argila da unidade aí existente varia pouco com a profundidade, indicando uma textura franco-argilo-arenosa a franco-arenosa. As características químicas revelam que o fósforo e o potássio estão igualmente em níveis baixos, apresentando-se o alumínio em altas concentrações. Os teores de cálcio e magnésio, com exceção das primeiras camadas, possuem níveis baixos (<0,3 mEq/100 g). Por outro lado, o pH destes solos tem pouca variação, oscilando entre 4,7 e 4,9 (Quadro 2).

Os dados do sistema radicular do cacauzeiro nesta região (Quadro 3) mostram que parte das raízes superficiais cresce horizontalmente e as outras pe-

Quadro 1 - Características físicas dos solos Pariquera-Açu e Severínia (São Paulo) nos quais foram efetuados os estudos sobre a distribuição do sistema radicular do cacauzeiro.

Locais	Profundidade (m)	Análise granulométrica* (%)				Argila natural
		Areia grossa	Areia fina	Limo	Argila	
Pariquera-Açu	0,00-0,20	24,7	20,5	27,2	27,6	6,1
	0,20-0,40	24,6	19,7	27,0	28,7	7,2
	0,40-0,60	21,4	21,4	21,6	32,7	14,3
	0,60-0,80	24,8	19,9	22,6	32,7	0,0
	0,80-1,00	21,3	19,4	26,6	32,7	5,1
	1,00-1,20	23,6	20,4	24,2	31,8	0,0
Severínia	0,00-0,20	29,3	41,3	12,3	17,2	9,1
	0,20-0,40	24,5	34,1	17,3	24,1	15,0
	0,40-0,60	20,0	31,0	19,6	29,4	17,3
	0,60-0,80	19,5	30,0	19,1	31,4	17,2
	0,80-1,00	21,2	30,7	15,6	32,5	7,1
	1,00-1,20	22,6	33,0	14,9	29,3	0,0
	1,20-1,40	21,6	34,0	16,1	28,3	0,0
	1,40-1,60	24,7	32,6	14,2	28,5	0,0
	1,60-1,80	25,8	31,4	14,3	28,5	0,0
	1,80-2,00	25,0	31,6	13,9	29,5	0,0

* Dispersão com NaOH a 6%.

Quadro 2 - Características químicas dos solos de Pariquera-Açu e Severínia (São Paulo) nos quais foram efetuados os estudos sobre a distribuição do sistema radicular do cacauzeiro.

Locais	Profundidade (m)	pH	Complexo sortivo (mEq/100 g)						P (ppm)
			Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	S	Al ⁺⁺⁺	
Pariquera-Açu	0,00-0,20	4,7	1,4	1,0	0,07	0,05	2,5	2,8	15
	0,20-0,40	4,7	0,2	0,2	0,07	0,03	0,5	2,7	2
	0,40-0,60	4,7	0,0	0,2	0,05	0,10	0,3	2,5	1
	0,60-0,80	4,7	0,1	0,3	0,04	0,03	0,5	2,6	1
	0,80-1,00	4,9	0,2	0,3	0,02	0,04	0,5	2,8	1
	1,00-1,20	4,8	0,3	0,2	0,12	0,09	0,7	2,7	1
Severínia	0,00-0,20	5,6	3,0	0,9	0,25	0,03	4,1	0,2	2
	0,20-0,40	6,0	3,7	1,0	0,11	0,03	4,8	0,0	1
	0,40-0,60	6,4	3,3	1,2	0,08	0,03	4,6	0,0	1
	0,60-0,80	6,4	3,1	1,2	0,07	0,03	4,6	0,0	1
	0,80-1,00	6,4	2,6	1,4	0,09	0,08	4,1	0,0	1
	1,00-1,20	6,4	2,8	1,2	0,08	0,02	4,1	0,0	1
	1,20-1,40	6,5	2,5	1,4	0,13	0,04	4,0	0,0	1
	1,40-1,60	6,4	2,2	1,6	0,05	0,02	3,9	0,0	1
	1,60-1,80	6,1	1,9	1,1	0,05	0,02	3,0	0,0	1
	1,80-2,00	5,5	1,5	1,0	0,04	0,02	2,5	0,2	1

S - Soma de bases

P - Fósforo assimilável

Quadro 3 - Número e porcentagem de raízes de cacauzeiros em solos de Pariquera-Açu e Severínia (São Paulo).

Solos	Número de plantas	Profundidade (m), número e porcentagem das raízes							
		0 - 0,30		0,30 - 0,60		0,60 - 0,90		0,90 - 1,20	
		Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%
Pariquera-Açu	1	99	62,2	29	18,2	23	14,4	8	5,2
	2	71	61,2	26	22,4	14	12,0	5	4,4
	3	63	60,0	24	22,8	14	13,3	4	3,9
	4	73	60,8	26	21,6	18	15,0	3	2,6
	5	73	70,8	19	18,4	10	9,7	1	1,1
	6	68	50,3	35	25,1	29	21,4	3	3,2
	7	64	65,3	22	22,4	9	9,1	3	3,2
	8	80	65,0	23	18,6	15	12,1	5	4,3
	9	59	60,8	20	20,6	13	13,4	5	5,2
	10	43	59,7	17	23,6	11	15,2	1	1,5
Média		70	61,6	24	21,4	16	13,6	4	3,4
Severínia	1	39	73,6	6	11,3	7	13,2	1	1,9
	2	49	75,4	15	23,0	1	1,6	0	0,0
	3	53	68,7	17	22,0	6	7,7	1	1,6
	4	26	65,1	10	25,0	2	5,0	2	4,9
	5	28	77,8	5	13,8	3	8,4	0	0,0
	6	23	71,9	7	21,8	2	6,3	0	0,0
	7	22	73,4	6	20,0	1	3,3	1	3,3
	8	24	68,6	8	22,8	2	5,7	1	2,9
	9	30	73,2	7	17,0	3	7,3	1	2,5
	10	11	61,2	5	27,7	1	5,5	1	5,6
Média		30	70,8	9	20,4	3	6,5	1	2,3

netram bastante no solo. Provavelmente, a principal razão da extremidade da raiz principal, na região de Pariquera-Açu, crescer até 1,50 m são as boas condições físicas do solo até essa profundidade. Além de 1,80 m, o crescimento das raízes deve ser limitado pelo lençol freático que, nas épocas chuvosas, chega até essa altura.

Na região de Severínia, o solo possui melhores condições físicas,

facilitando a penetração das raízes. Pelo resultado das análises químicas (Quadro 2), observa-se que o fósforo encontra-se em nível baixo e o potássio em concentrações médias. É interessante notar que o alumínio praticamente não existe nestes solos, sendo os teores de cálcio e magnésio satisfatórios; o pH é levemente alcalino, variando entre 5,5 e 6,5.

O cacauzeiro dessa região apresenta um sistema radicular

diferente do de outras regiões onde tradicionalmente é cultivado, porque existe na unidade de solo estudada, desde os primeiros horizontes até as maiores profundidades, uma boa aeração que, complementada por uma fertilidade natural satisfatória, per-

mitindo uma exploração das camadas mais profundas para suprir as necessidades das plantas. Na Figura 1, apresenta-se uma comparação da distribuição do sistema radicular do cacaueiro em diferentes regiões produtoras do Brasil. Apesar da

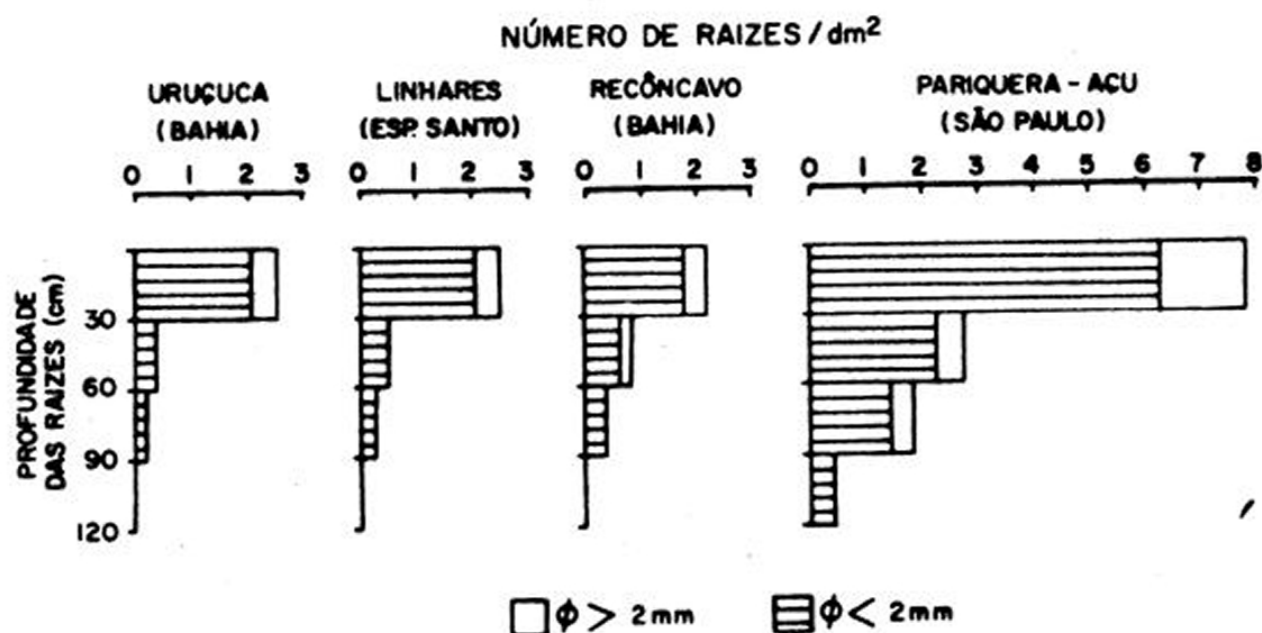


Figura 1 - Número e diâmetro de raízes de cacaueiro encontradas em diferentes profundidades de solos da Bahia, Espírito Santo e São Paulo.

mite o crescimento da raiz principal até 2,20 m em cacaueiros com 5 anos de idade. Em determinadas épocas do ano, a região passa por um período de estiaagem, durante o qual provavelmente há maior crescimento de raí-

predominância da sua presença nas camadas superficiais, observa-se que o número de raízes é três a quatro vezes maior nas plantas cultivadas em Pariquera-Açu quando comparado com outras regiões.

AGRADECIMENTOS

Aos Eng^{os} Agr^{os} José Cione e Romeu Inforzato, do Instituto Agrônomo de Campinas e ao Sr. Nelson Coelho, gerente das Fazendas Reunidas d'Álvora, pela colaboração prestada e pelas facilidades proporcionadas para a condução do trabalho.

LITERATURA CITADA

1. BOYNTON, D. and SANDS, F. A survey of the fertility status of the cacao soils of Costa Rica, as determined by soil and leaf analyses, and a preliminary study of the relation of depth of rooting of cocoa trees to soil drainage. In Reunión del Comité Técnico Interamericano del Cacao, Turrialba, Costa Rica, 4 a 10 de julio, 1954. Trabajos presentados. Turrialba, Costa Rica, IICA, s.d. V. 1 (SRTIC/Doc. 3, Suelos/1. pg.1-15).
2. CADIMA, Z., A. Estudo do sistema radicular do cacaueiro em alguns tipos de solos da região cacaueira do Sul da Bahia. Itabuna, Bahia, Brasil, Centro de Pesquisas do Cacao. Boletim Técnico nº 5. 1970. 31 p.
3. CORAL, F. J. Pesquisas em andamento com o cacaueiro, no Estado de São Paulo. In Conferência Internacional de Pesquisas em Cacao, 2ª, Salvador e Itabuna, Bahia, Brasil, 19 a 26 de novembro, 1967. Memórias. Itabuna, Centro de Pesquisas do Cacao. 1969. pp. 102-104.
4. LEMOS, R.C. et al. Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado de São Paulo (Contribuição à carta de solos do Brasil). Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura. 1960. 634 p (Brasil, Ministério da Agricultura. Boletim nº 12).
5. VETTORI, L. Método de análise de solo. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura, Boletim nº 7. 1969. 24 p.
6. VETTORI, L. e PIERANTONI, H. Análise granulométrica. Novo método para determinar a fração argila. In Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Brasília, Brasil, julho, 1967. Anais. s.l. Sociedade Brasileiro de Ciência do Solo, 1971. pp. 23-24.

RESUMO

O presente trabalho apresenta o resultado dos estudos da distribuição do sistema radicular do cacaueiro, em duas unidades de solo do Estado de São Paulo.

Na primeira, situada na Estação Experimental de Pariquera-Açu, vale do Ribeira, em solos podzólico vermelho amarelo "intergrade" para latosol vermelho amarelo, foram estudadas 10 plantas com 12 anos de idade. Encontrou-se que 61,6% das raízes distribuem-se nos primeiros 0,30 m; 21,4% de 0,30 a 0,60 m; 13,6% de 0,60 a 0,90 m e 3,4% de 0,90 a 1,20 m.

Na segunda área, localizada na região do Planalto, entre os vales dos rios Turvo e Mogi-Guaçu, em solos podzolizados de Lins e

Marília, variação Marília, estudaram-se 10 cacaueiros de 5 anos e os resultados mostraram que 70,8% das raízes encontram-se de 0 a 0,30 m; 20,4% de 0,30 a 0,60 m; 6,4% de 0,60 a 0,90 m e 2,3% de 0,90 a 1,20 m.

As características físicas dos solos estudados permitem um grande desenvolvimento do sistema radicular do cacaueiro, que atinge profundidades normalmente não observadas nas áreas tradicionais de produção, na Bahia e Espírito Santo.

RADICULAR SYSTEM OF CACAO FOR TWO SOIL TYPES IN THE STATE OF SÃO PAULO

SUMMARY

The root distribution for cacao was studied in two soils in the State of São Paulo, Brazil.

The first soil type, located at the Pariquera-Açu Experimental Station was classified as red yellow podzolic intergrading to red yellow latossol and for the 10 twelve-year old trees studied, it was found that 61.6% of the roots were distributed in the first 30 cm of soil; 21.4% between 30 and 60 cm; 13.6% between 60 and 90 cm and 3.4% between 90 and 120 cm.

The second soil, found in the "Planalto" between the valleys of the rivers Turvo and Mogi-Guaçu, was a Marília variation of the podzol type Lins and Marília. In 10 five-year old cacao trees it was found that 70.8% of the roots grew in the first 30 cm; 20.4% between 30 and 60 cm, 6.5% between 60 and 90 cm and 2.3% between 90 and 120 cm.

The physical characteristics of the two soil-types permitted a good root development which reached depths not normally observed in the traditional cacao growing areas of Bahia and Espírito Santo.

ENGINEERING ASPECTS OF COCOA DRYING IN BRAZIL*

*Biswa Nath Ghosh***

The processing or preparation of the cocoa crop for the market constitutes the last but not the least set of operations that are carried out at the plantation or by the small scale grower at the centres of production. It consists of a series of operations which can be broadly grouped as harvesting, pod-breaking, fermentation, drying and storage on the farm before despatch to the centres of consumption. In some instances, a certain amount of cleaning and grading is also carried out at the farm during or after drying and storage. Various types of machinery and equipment ranging from the simple cutlass to the sophisticated automatic temperature regulators are used on the farms for these operations, for which engineering knowledge and skill is necessary.

In Brazil, the drying of the cocoa crop poses the most difficult processing problem to the estate or the small-scale opera-

tor, as frequent rain and showers are experienced in the cocoa growing region of the country during the processing season which slows down the drying rate. In this paper some of the engineering aspects of cocoa processing with special reference to drying in Brazil are discussed in order to indicate the present level of mechanization and the various problems which are currently under investigation.

THE BIO-ENGINEERING INTERFACE

In order to apply engineering knowledge and methods for the processing of a raw agricultural product like cocoa beans to a state fit for use in the manufacture of chocolate by the confectionary industry it is necessary to study certain special properties of both the biological material (cocoa beans) and the engineering materials of construction (wood, steel etc.), which affect

* Received for publication October, 1972.

* Paper presented at the IV International Cocoa Research Conference, Trinidad and Tobago, January, 1972.

** Head, Agricultural Engineering Division, CEPEC.

the so called bio-engineering interface. From an engineering and materials handling standpoint, information on the following aspects of both the materials of construction and the biological material are of interest:

Engineering materials of construction

Only a few of the many different types of available engineering materials are used for the processing of cocoa beans, and these are generally selected because of their low cost, suitability, and easy availability in the centres of production. The advantages of low cost and easy availability are self-explanatory, while suitability in the context of processing cocoa beans imply that the materials of construction should be able to withstand the corrosive action of the cocoa bean when wet and should not detrimentally affect the characteristic aroma or flavour of the cocoa beans. The sweat boxes used for the fermentation of cocoa in Brazil are generally made out of wood instead of concrete or cement, although in some other countries cement is also used for this purpose. Two further examples of new materials of construction being used for the processing of cocoa are of interest: in the Congo, some estates now use a lining of aluminium sheet for the last two of the seven boxes used in cocoa fermentation as it is claimed that this improves the quality of the dried cocoa and the beans are less subject to mould; also, for the drying of cocoa, a wire-mesh

based tray is used in some estates where for the first day of sun-drying the wire-mesh base is covered with a mat so that the fresh cocoa does not come in contact with the metal and by the evening the mat is removed, as being no longer necessary (17). The cocoa is held in the same trays for the completion of the drying process by artificial means.

The type of fuel that can be used for the artificial drying of cocoa is an important consideration in the design and development of machinery or the adaptation of existing equipment. While several efficient heat-exchanger type burners using gas or fuel oil are commercially available, in many interior areas of cocoa production the fuel oil is not readily available or is very much more costly when compared with locally available fire-wood.

Physical properties of cocoa beans

For the design and development of machinery suitable for the various phases of processing cocoa beans, an extensive knowledge of their various physical properties is highly desirable. Unfortunately, however, a very large percentage of the commercially available machinery and equipment for agricultural use has been developed in the past with little or no consideration of the physical properties of the biological materials that are to use the equipment, and commercially available cocoa drying machinery has also been gener-

ally developed in the same way. In order to establish the proper design parameters for processing machinery and equipment, information on the following physical properties of cocoa beans are of primary interest:

a. Weight of cocoa beans and the distribution of the weight immediately after pod breaking, at the fully wet ($\pm 56\%$ m.c., w.b.) and the fully dry stage (7% m.c.),

b. Volume and density of beans;

c. Shape and size of beans, including the correlation between length, breadth, depth, areas of flat and transverse surfaces, at both the fully wet and dry stages;

d. Air-flow characteristics at fully wet and dry stages;

e. Coefficient of friction on various materials of construction as affected by the moisture content of the cocoa bean;

f. Angle of repose and bulk density of the beans at various moisture contents;

g. Rate of drying by sun and by artificial means;

h. Mesh size distribution of cocoa beans at fully wet and dry stages;

i. Crushing and rupture strength of the cocoa bean skin at fully wet and dry stages.

For an agricultural product like cocoa beans, the effect of variety and the growing season on the above-mentioned physical properties should also be studied; a recent investigation carried out

in this respect clearly indicate that environmental factors and seasonal effects affect the bean value of the West African Amelonado cocoa (18). The moisture content of the freshly fermented bean ready for drying is around 56% , while for safe storage they should be dried down to 7% . Some of the physical properties mentioned above are very likely to be dependent on the moisture content of the cocoa bean, as indicated by similar studies carried out with other agricultural material (5).

A comprehensive study of the various physical properties of the cocoa beans which are of interest from an engineering standpoint is being instituted at the Centro de Pesquisas do Cacau (CEPEC) at Itabuna, Brazil, while relevant results of some of the earlier investigators would also be useful. The tilting table being used for co-efficient of friction studies of cocoa beans at various stages of drying is illustrated in Figure 1. The earliest investigation on the physical properties of cocoa beans were made by Zehntner (20) in 1914, followed by various other workers (3, 8, 10, 14, 15), although some of these studies have been carried out to investigate the rate of growth of the beans on the tree. In the present context, earlier observations on the causes of variation in weight and the distribution of the weight indicate that it depends on genetic factors as well as growing and maturing conditions due to influences created by the location, climate and pests (3). It is also influenced by pro-



Figure 1 - Tilting table used for coefficient of friction studies of cocoa beans at various stages of drying.

cessing because losses of weight are dependent on fermentation. The range of weight, based on the varying seed sizes in the pods, can be expanded if unlike pods are harvested and processed together, or by mixing with beans of lower quality. The density depends mainly on fermentation; insufficient fermentation causes less tissue disintegration, chemical changes are less complete, the bean loses less substance, it contracts and becomes flat when drying, and the tough shell adheres to the nib. This results in a higher density than in the case of more intensely fermented, brittle, brown beans, which becomes more porous during fermentation. They expand and their brittle shell contracts while drying, although not adhering to the nib. However, a high density does

not always coincide with a higher percentage of unfermented or underfermented beans, particularly not in the case of flavour cocoa types (e.g. Arriba, Ceylon) which are often only slightly fermented.

MECHANIZATION PROBLEMS OF COCOA DRYING

Basic considerations

Fermented beans are dried to a final moisture content of about 6 to 8% to ensure good keeping qualities. Flavour development is dependent on the care exercised, particularly during the early stages of drying. Several problems are associated with the drying process, which is carried out by either using the heat from the sun or from an ar-

tificial source or by a combination of both. The freshly fermented beans are sticky in the beginning of the drying process, and hence they need to be stirred occasionally to prevent lumping but excessive stirring creates a secondary and more difficult problem of broken beans. Allison and Kenton (1) found that greater damage occurred when the beans were frequently mixed, particularly in the initial and final stages of drying when they are specially susceptible to injury. There is a maximum safe drying temperature for cocoa beans; while 80-90°C at the early stages of drying has been used as the upper limit for experimental work without any deterioration in quality (19), most of the artificial drying is normally carried out at a lower and thermally less efficient temperature range of 45-60°C.

The drying rate for cocoa beans should not be too fast to avoid case hardening or skin cracking, while too slow a drying rate would induce undesirable mould growth. For a vegetative material like cocoa beans there are two factors which affect the drying rate. Firstly, the rate at which the moisture can be removed from a unit area of the exposed surface by the drying medium, which is constant for any given external drying condition and independent of the degree of moisture remaining in the material. Secondly, the rate at which moisture can travel from the interior of the material to its surface, which usually decreases as the drying progresses.

When the second factor is greater than the first, the external drying conditions determine the constant drying rate (Figure 2, A-B), the rate per unit area of the exposed surface being more or less independent of the material. If, however, the material is spread out in a thin layer, thus increasing the area, the drying rate per unit weight is increased in proportion. When the second factor is lower than the first, the external drying conditions like humidity and velocity of air become less important and the falling rate of drying is dependent more on the characteristics of the material (Figure 2, B-C).

The change from the constant to the falling rate of drying for a material occurs at a level called the critical moisture content (Figure 2, B), while at point C the moisture in the material is in equilibrium with the surrounding air and any further increase in drying time does not remove any more moisture. The point C

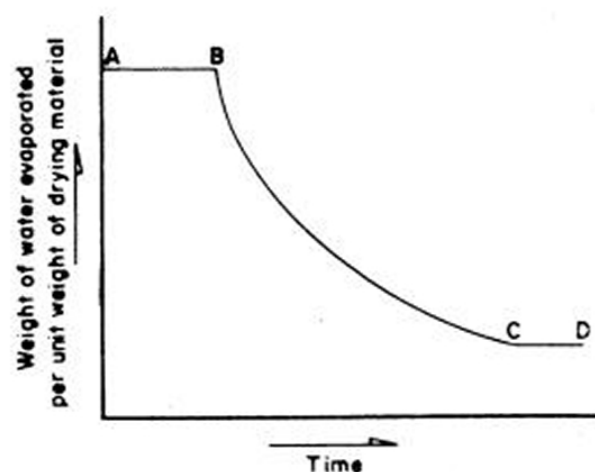


Figure 2 - Theoretical drying rate of a vegetative material like cocoa beans.

is known as the equilibrium moisture content of the material. Further drying of the material at this stage may be effected only either by decreasing the humidity or increasing the temperature of the drying air. The physics of drying vegetative material have been described in detail elsewhere (4, 13).

Natural or sun drying

For natural or sun drying in Brazil a "barcaça" (Figure 3) or a drying platform constructed above ground level is used, where the beans are spread out in a thin layer of 5 to 6 cm and a sliding roof is provided over the drying

platform to cover the beans during rain and also at night. The drying floor is made of wooden planks placed close to each other, while the sliding roof is made of corrugated aluminium or galvanized iron sheets located over a wooden framework. The galvanized iron sheets are protected from the weather by painting. The roof framework is equipped with a set of four or five rollers on each side along the length, and the roof rolls over a pair of rails fixed to the top of the drying platform. The rails and the drying platform are mounted on concrete or masonry pillars set on the ground at a distance of approximately 2 m from each other.

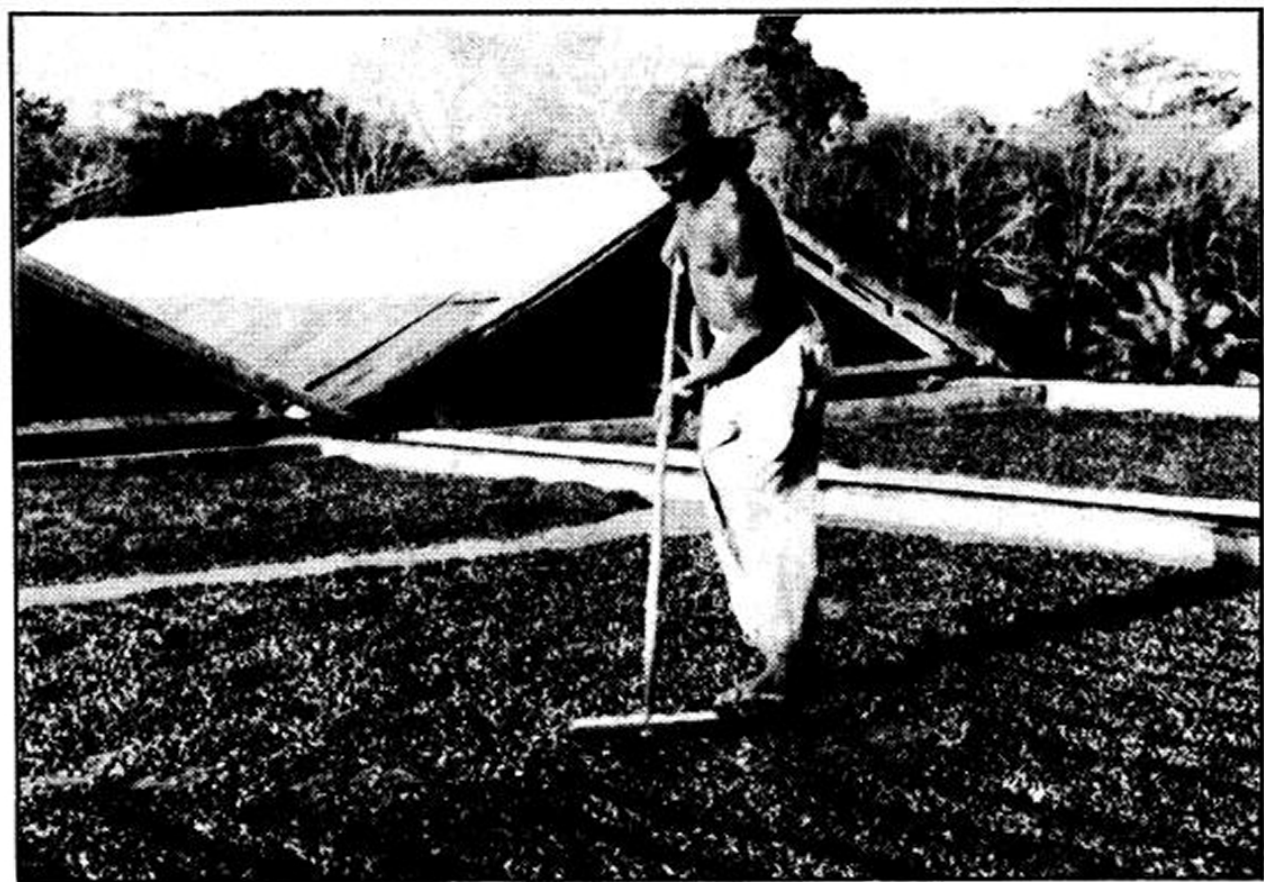


Figure 3 - A standard "barcaça" showing cocoa drying on a wooden platform. The sloping roof in the background is rolled over the rails to cover the drying material at night or during rains.

The length of the rails is twice the length of the sliding roof, in order to roll the roof out of the way when drying is in progress. The dimension of the drying floor usually vary between 50 to 72 m², depending on the quantity of the cocoa to be dried. A rough basis for calculating the drying-space for sun drying is that 1 m² will handle 6 to 7 kg of dry cocoa. The period of sun drying varies from one to two weeks, depending on the weather.

The existing arrangement of the sliding roof, equipped with rollers and rails, makes the construction rather expensive for the simple objective of providing a cover to the beans. The width or span of the platform is large and the height of the sliding roof at the centre is high, hence the roof framework tends to be bulky and expensive. The length of the rails required is twice the length of the drying platform, which increases the cost of the installation. As the "barcaça" is sometimes located on sloping ground, the masonry pillars and their foundation required to carry the rails and the heavy roof also tend to be bulky and expensive. In some estates, living accommodation for the farm workers are provided under the "barcaça" so that the drying floor also act as a roof. However, as smoke generating from the household cooking seep through the wooden roof and seriously damage the quality of the drying cocoa, the practice of providing living accommodation under the "barcaça" is now discouraged.

Artificial drying

In a majority of the cocoa producing areas of Brazil frequent rain and showers are experienced during the processing season, when drying on the "barcaça" is either slowed down to a considerable extent or rendered impracticable. An alternative artificial drying system is therefore necessary to maintain the volume of production, and most of the "fazendas" or cocoa estates in Brazil have an artificial dryer in addition to sun-drying platforms or "barcaças". The artificial dryers used for cocoa can be broadly grouped into either non-mechanical dryers or drying machines:

Non-mechanical dryers

The two common types of non-mechanical dryers used in Brazil are called the "secador" and the "estufa". The "secador" consists of a drying platform or floor located some 3-4 m above a hot flue. The flue usually burns wood obtained from the estate and is connected to a masonry chimney or one made of corrugated iron or aluminium sheet. The drying floor may be solid or made of slats so that the hot air can pass through and heat the beans by conduction, which are spread in a thin layer on the floor and regularly raked during drying.

The "estufa" depends on a current of hot air rising by convection from a flue and passing through a layer of beans. Dryers working on this principle are more efficient as the layer of beans is heated more uniformly

and the damp air is carried away by convection (19). The dryer consists of a number of trays which are usually arranged in two tiers each of 8 to 10 trays. A U-shaped flue passes under the trays and the amount of cold air entering can be controlled by flaps over the inlets. The drying trays run on rails and as the top tray is located 2-3 m above the floor level, their loading and unloading is rather difficult.

The Samoan cocoa dryer (16) works on a principle similar to that of a "secador", where the flues are made of used tar drums in order to keep the cost of installation as low as possible. It is estimated that the material cost for this type of dryer is approximately US\$40.00 and the total cost between US\$75.00-100.00 (19).

Drying machines

Two types of mechanical dryers are available in Brazil (9), both of them using the principle of blowing hot air through the beans, the air being heated indirectly through a heat exchanger. In the first type, commonly called the CEPEC "secador", the beans are loaded on a large circular horizontal platform made of perforated metal and the hot air is blown through the drying mass from the bottom. A centrally located radius arm revolves slowly over the drying platform and carries a number of plows which stir the beans. The temperature of the incoming hot air is regulated by a thermostat. The second unit,

called the FERRAZ "secador", basically consists of a round horizontal drying platform which is stationary and a vertical upright cone which revolve over the platform at a slow rate with a small gap between the platform and the cone. The cone is filled initially with the drying cocoa by a system of endless bucket elevators discharging at the top of the cone. As the cone rotates during operation, the cocoa at the bottom of the cone discharges into a hopper in a thin layer through the gap between the cone and the drying platform, and is carried back to the top of the cone by the bucket elevators. The hot air is blown through the cone from the bottom of the drying platform. With both type of drying machines, drying can be completed in about 36 hours.

With most artificial drying systems that are in use at present, a common drawback is the damage caused to the beans due to breakage by excessive mechanical handling. If the hot air used in an artificial drying system is not passed through a properly designed and maintained heat exchanger, the smoke contaminates the drying cocoa beans and severely reduces its quality. For best results, initial drying of the beans should be carried out slowly in the sun by spreading them in a thin layer on the "barcaça". If this is followed by artificial drying, an extra handling operation becomes necessary in transferring the beans from the "barcaça" to the dryer which increases the chances of bean breakage and also the total cost

of drying. As a result of several recent investigations it appears that although artificial drying of cocoa is being generally adopted by the producers, the methods used are open to criticism and considerable improvement is necessary before a satisfactory system can be recommended (7, 9, 11, 12, 16).

RECENT DEVELOPMENTS IN COCOA DRYING

A number of different approaches are being made at CEPEC to investigate the possibility of improving the drying process. These are all at the experimental or exploratory stage at present, and it is expected that as a result of experience gained from their working a number of modifications may be introduced which will help to build up a satisfactory final design. The main lines of investigation are as follows:

Plastic covering for sun drying

A commercially available reinforced plastic PVC covering material has been obtained from Greece which has been specially developed there for sun drying of agricultural produce like raisins and tobacco. It has also been tried for drying wet parchment coffee in other areas and found to be satisfactory. The material is clear, waterproof, and said to withstand weather conditions similar to that obtained in Greece for 8 years. It bears compact reinforced zones along the margin, transversely, and in the mid-

dle. Special reinforcements are provided at corners where the covering is under considerable strain. The covering screens ultraviolet rays of the sun as UV absorbers are incorporated in the material. It is easy to erect, and is normally available in various sizes from 4 x 8 m to 5.5 x 12 m, although varied lengths are said to be available on special order.

A drying platform is being built at CEPEC with the plastic as the roof material (Figure 4), and trials are planned for comparing it with the standard "barcaça".

Glass-roof "barcaça" with artificial drying

In this project an attempt is being made to design and develop a drying system which would remove the various drawbacks of the present "barcaça" system mentioned earlier, and at the same time make it possible to dry the cocoa beans artificially as and when necessary on the "barcaça" without physically moving the beans to an artificial dryer.

It basically consists of two rows of drying platform (each 11 m long, 1.75 m wide and 0.8 m high) with a central passage 1 m wide, for an operator to turn the beans of either row during drying by a rake provided with a long handle. The length of the drying platform has been fixed arbitrarily at 11 m, and is subject to alteration as a result of experience gained with the prototype. The top of each platform is made up of wire-mesh and is provided with a wooden ridge

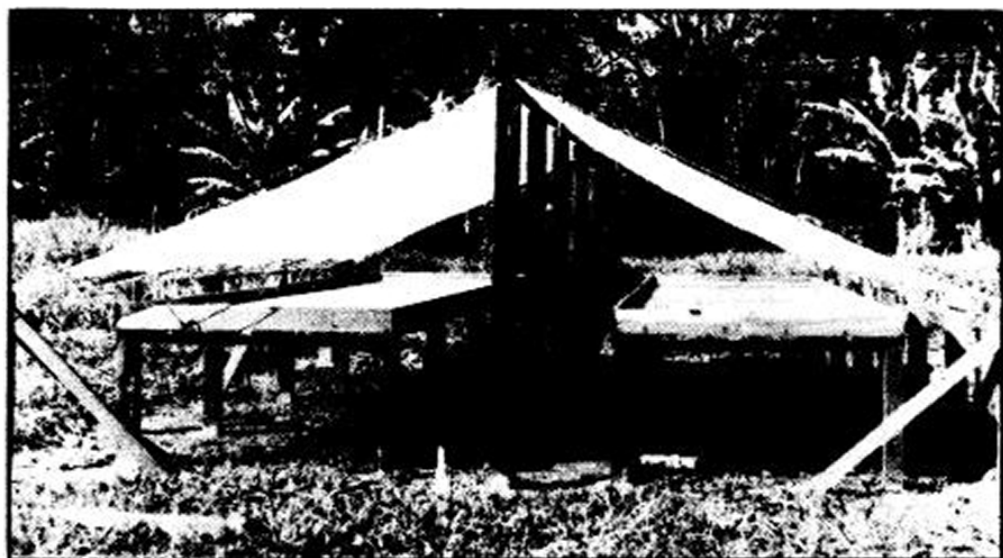


Figure 4 - Experimental sun-drying platform under construction, provided with a commercially available plastic covering used for other crops.

15 cm high along the edge. A fixed glass-roof above the drying platform sloping on either side from the centre along the length of the "barcaça" allow the heating rays of the sun but prevent the rains or the dew at night to come in contact with the beans. All surfaces inside the "barcaça" are painted black to facilitate absorption of heat from the sun. The "barcaça" is located in a N-S direction. The height of the roof along the centre of the passageway is 2 m, so that an operator can walk easily, while at the same time the vertical space between the drying platform and the glass-roof is small, as the roof slopes downward on either side overhanging the outer edge of the platform to a height of 1 m. The vertical space of approximately 10 cm between the lower edge of the glass-roof and the outer edge of the platform is provided with adjustable shutters; these and a covered opening along the top

edge of the glass-roof allow for proper ventilation inside the "barcaça". Under sun-drying conditions, the temperature inside the "barcaça" is found to be 10-12°C higher than that obtained outside, which will hasten the drying rate.

An air chamber is provided under and along the length of the drying platform, so that hot air can rise through the drying beans from the bottom of the wire-mesh while artificial drying is in progress. During the initial drying by sun, a tarpauline material would be spread above the wire-mesh so that the beans do not come in contact with the metal before they are skin-dry. The drying air is suitably heated to avoid contamination from smoke or fumes. One modification to the glass-roof unit that has also been planned is the use of transparent plastic (Acrilic), fibreglass etc as a roofing material to study

their economics and effectiveness of drying as compared to that of a glass-roof. The first prototype of the glass-roof "barcaça" has been constructed at CEPEC (Figure 5), and drying experiments are in progress.

Several advantages of this system can be foreseen, the most important being that sun and artificial drying can be co-ordinated to obtain the best possible drying conditions continuously, that is during day (sun) and night (artificial) or during sunny and rainy periods. This would considerably speed up the drying process and increase the capacity of the system. Due to a faster rate of drying, mould growth that is experienced in "barcaça" drying during rainy periods would cease to be a problem. As sun and artificial drying would be carried out on the same platform, one handling operation of unloading the partially dry beans from

a "barcaça" and reloading to an artificial dryer would be avoided. For very small scale drying under peasant farming conditions, even only the glass-roof "barcaça" without any arrangement for artificial heating would be more effective as a collector of solar heat and also more economic than the standard "barcaça". Also, as the beans are to be turned during drying by a rake, they would not come in contact with bare human feet as they are used for turning and for "dancing" in the present "barcaça" system.

Propane-butane gas heating for artificial drying

The suppliers of a commercial brand of propane-butane gas for domestic use in Brazil have recently shown considerable interest in developing an artificial drying system for cocoa beans using the gas as a source of heat.

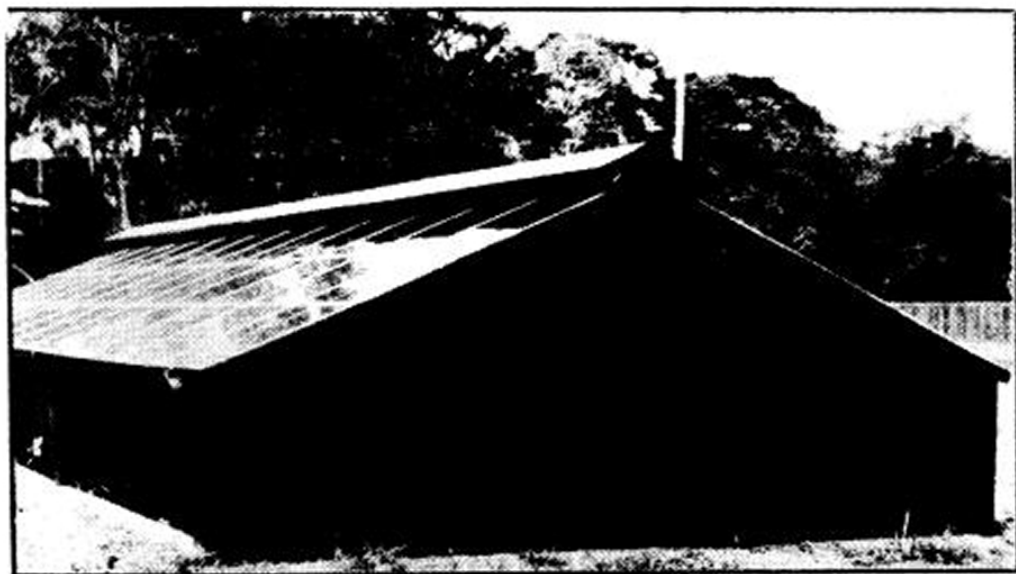


Figure 5 - Experimental "barcaça" with fixed glass-roof utilizing solar heat for drying of cocoa. The design also incorporates an artificial drying system.

A joint feasibility study has been initiated, and two possible alternative means of applying the heat from the gas been considered: by direct burning of the gas as used in a domestic cooker and by converting the heat energy into infra-red rays. Initial experiments have clearly indicated the superiority of using infra-red rays for drying, and that better drying efficiency is obtained by applying the heat from under a drying platform as opposed to that applied from the top. The quality of the cocoa dried by using heat from the gas, whether from the top or the bottom of the drying platform, was found to be excellent as compared to sun dried cocoa beans. Further developmental work is at present being directed in two ways: to utilize the gas heating system for artificial drying in the glass-roof "barcaça" mentioned earlier (Figure 6), and to adapt the existing

standard "barcaças" and "estufas" by suitable modification of the drying floor so that the gas heating system can be installed under the floor. The glass-roof "barcaça" with gas heaters, however, is likely to be preferred for new construction over the adaptation of the existing "barcaças". In either case, the major advantages of the system would be the absence of any smoke which can contaminate the beans during drying and a faster and more economic rate of drying.

Freeze drying of cocoa beans

In addition to the conventional method of drying or dehydration of fruits and vegetables in which hot air is passed over freshly cut and prepared material, a new method of drying has recently become available and commercial drying units of var-

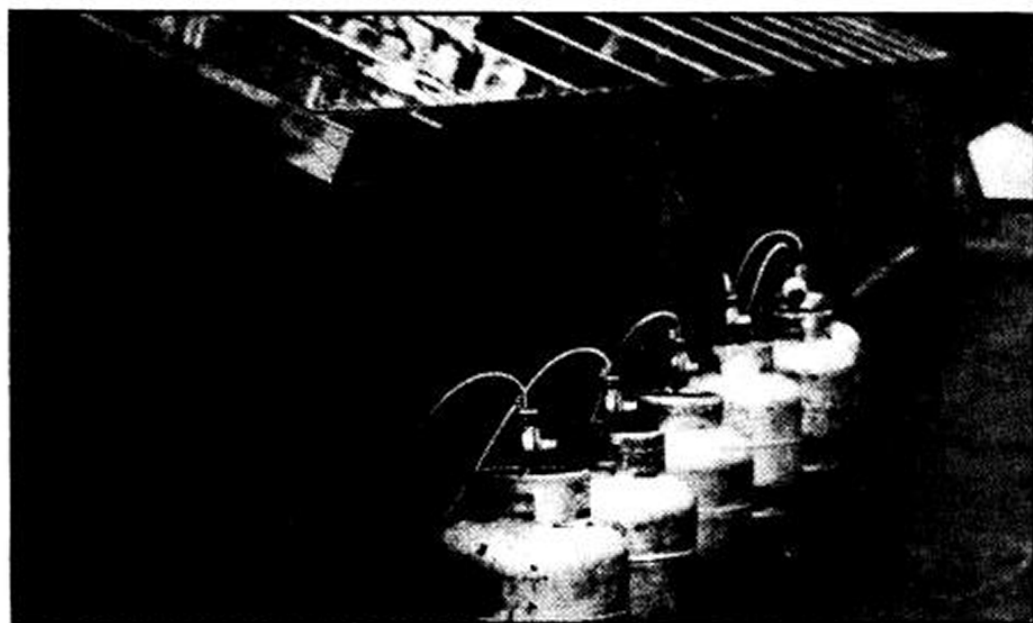


Figure 6 - Experiment in progress with commercially available propane-butane gas mixture and infra-red heaters for drying of cocoa beans in the glass-roof "barcaça".

ious sizes based on this principle can now be obtained. It is known as the Accelerated Freeze Drying (A.F.D.) method, in which the material is first frozen and then sublimated to yield a dehydrated product. The main advantage is the reputed better retention of the original flavour and taste of the material (2, 6). The process, however, is quite expensive compared to straight dehydration and would seem to have been applied so far only in wealthier countries and for highly nutritious luxury and emergency products used by armies, airlines etc.

An investigation is planned to study in the first instance the feasibility of freeze drying cocoa beans and the effect of the process on the quality. Afterwards, a more detailed investigation into

the economics of the system would be undertaken.

Tunnel dryer

A single-stage tunnel drier with longitudinal air flow has been recently constructed at CEPEC to study the effectiveness of the system for drying cocoa beans. The drying air is heated through a heat exchanger, and flaps near the inlet of the tunnel control the temperature of the hot air. The trays, with a metal base supporting the wire mesh screen, are loaded into the tunnel near the air inlet and travel along the length of the tunnel over guide rails. The trays are discharged from the far end of the tunnel when the beans are considered to be dry. Experimental work with the system would include studies on the economic aspects as well.

LITERATURE CITED

1. ALLISON, H.W.S. and KENTON, R.H. Mechanical drying of cocoa. *Tropical Agriculture (Trinidad)* 41(2):115-119. 1964.
2. BENDER, A. E. Freeze-dried food. *Chemistry and Industry (Great Britain)*, March 3, 1962, pp. 389.
3. COCOA BEAN tests. Hamburg, Gordian Publishing House, 1961/62. pp. 14-15.
4. EDE, A. J. and HALES, K. C. DSIR Food Investigation Special Report No. 53, London, HMSO, 1948. p. 8.
5. GHOSH, B.N. Effect of moisture content on the static coefficient of friction of parchment coffee beans. *Journal of Agricultural Engineering Research* 13(3):249-253. 1968.
6. HARPER, J.C., CHICHESTER, C.O. and ROBERTS, T.E. Freeze-drying of foods. *Agricultural Engineering* 43(2):78-81. 1962.
7. HOWAT, G.R., POWELL, B.D. and WOOD, G.A.R. Experiments in cocoa drying and fermentation in West Africa. *Tropical Agriculture (Trinidad)* 34(4):249-259. 1957.

8. KADEN, O. Nochmals standardisierung des Bahia-kakaos. *Gordian* 1181:10. 1950.
9. MARAVALHAS, N. Secagem mecânica do cacau fermentado: novos tipos de secadores. *Cacao (Costa Rica)* 13(1):13-18. 1968.
10. MENDONÇA, F.A. Über die verschiedenen methoden sur bestimmung des volumes und der dichte der kakaobohnen. *Gordian* 1040:13. 1938.
11. MONTSERIN, B.G. Processing of cocoa for the market. Trinidad and Tobago, Department of Agriculture. Bulletin No. 3. (New Series). Port-of-Spain, Trinidad, Yuille's Print-erie Ltd. 17 p.
12. PALMA, M. The processing of fresh cocoa seeds. New York, Rockwood & Company, 1951. 33 p.
13. SCOTT, A.W. Fuel and the future. Report of Conference of the Ministry of Fuel and Power, London, 1948, Report. Vol. I. London, HMSO, 1948. p. 267.
14. SILVA, P. Cacao Catongo: Posição na Classificação comercial e características industriais. Itabuna, Brasil, Centro de Pesquisas do Cacau, 1964. 8 p. (Mimeografado).
15. ———. Grão do Cacao Catongo. 1º Características físicas. 2º Características físico-químicas. Private communication. 1971.
16. THE SAMOAN COCOA drier. Bournville, Cadbury Brothers Limited, 1958. p. 4.
17. URQUAHART, D.H. Cocoa, 2nd ed. London, Longmans, 1961. pp. 128-134.
18. WESSEL, M. and TOXOPEUS, H. Seasonal influences on pod and bean values of West African Amelonado cacao. In Conferência Internacional de Pesquisas em Cacau, 2ª, Salvador e Itabuna, Bahia, Brasil, 19 a 26 de novembro, 1967. Memórias. Itabuna, Centro de Pesquisas do Cacau, 1969. pp. 351-355.
19. WOOD, G.A.R. Artificial drying of cocoa. In Cocoa Conference. London, 10 to 21 September, 1957. Report. London, Cocoa, Chocolate and Confectionery Alliance, 1958. pp. 212-217.
20. ZEHNTNER, L. Le cacaoyer dans l'Etat de Bahia. Berlin, Verlag von R. Friedlander & Sohn, 1914. p. 50.

SUMMARY

The drying of cocoa is the most difficult problem in Brazil during its processing, as frequent rain and showers are experienced during

the processing season. Drying is traditionally carried out by exposure to sun, although most estates also use various artificial methods to supplant and hasten the process. Basic considerations in the artificial drying of cocoa beans are the rate of drying and the maximum safe drying temperature for prevention of breakage, lumping of the sticky fermented beans and contamination by off flavours like fumes. The present systems of drying in Brazil and their defects are reviewed in the paper with illustrations.

In order to mechanize cocoa drying without damaging the beans or lowering the final quality, a comprehensive knowledge of the bio-engineering interface is necessary. These include information on the various physical properties of both the biological material (cocoa bean) and the engineering materials of construction like steel and wood. As most of the necessary physical properties of cocoa beans have not been investigated by earlier workers from an engineering standpoint, a comprehensive study has been initiated at the Centro de Pesquisas do Cacau at Itabuna, Brazil. A number of different approaches instituted to improve the drying process have also been described, accompanied by appropriate illustrations.

SECAGEM DO CACAU NO BRASIL - ASPECTOS DE ENGENHARIA

RESUMO

O principal problema de beneficiamento do cacau no Brasil é a secagem, devido principalmente à freqüente queda de chuvas que ocorre nas regiões produtoras. O sistema tradicional de secagem é a exposição das amêndoas ao sol embora muitos fazendeiros a complementem com meios artificiais a fim de completar e/ou acelerar o processo. Na secagem artificial do cacau, merecem especial atenção a gradação de secagem, a temperatura máxima de secagem que não afete a integridade das amêndoas, a aglomeração das amêndoas fermentadas em porções compactas e a contaminação das amêndoas por odores estranhos, tais como o "cheiro de fumaça". No presente trabalho, são revistos os sistemas atuais de secagem usados no Brasil e seus defeitos.

Para se conseguir a mecanização da secagem de cacau sem prejudicar a qualidade final do produto, é necessário um conhecimento do processo nos aspectos biológicos e de engenharia. Isto inclui informações sobre as propriedades físicas do material biológico (amêndoas de cacau) e sobre materiais de construção tais como aço e madeira. O número de informações disponíveis sobre propriedades físicas das amêndoas de cacau é bastante inexpressivo, fato que motivou a instalação de um amplo programa de estudos sobre o assunto no Centro de Pesquisas do Cacau. São descritas várias alternativas para melhorar o processo de secagem, acompanhadas de ilustrações.

NEMATODES ASSOCIATED
WITH DIFFERENT PLANTS AT THE
CENTRO DE PESQUISAS DO CACAU, BAHIA*

Ravi Datt Sharma**

Pieter Aart Albertus Loof***

The information on the occurrence of plant-parasitic and free-living nematodes in Bahia is scarce despite its obvious importance. Earlier reports by Lordelo (3) and Sharma (6) only covered a small number of nematodes associated with specific crops.

This paper presents a survey of nematodes conducted at the Centro de Pesquisas do Cacau (CEPEC) and neighbouring areas.

MATERIALS AND METHODS

The survey was conducted from May to December, 1971, covering six different biotopes, namely Ananas comosus, Cap-sicum frutescens, Hamelia erecta, Morus alba, Passiflora edulis, and Portulaca grandiflora.

One sample of each biotope was collected from declining plants showing symptoms of die-

back and yellowing of the foliage and were of about 1.5 kg of soil and 100 g of feeder roots. Each sample was thoroughly mixed and 100 g of soil were processed for nematode recovery. A modified decantation cotton wool filter technique (4) was used including the use of sieves with pore sizes of 1 000 μ , 105 μ and staples of three sieves each of 44 μ mesh prior to nematode cotton wool filters. The holdback of 1 000 μ sieves gave the finer roots free from organic matter which were then placed in tap water in Petri dishes and shredded with stout steel needles under the dissecting microscope in order to locate the endoparasitic nematodes. The holdback of 105 μ sieves was passed through nylon screens of 125 μ placed in Petri dishes containing 20 ml of tap water in order to collect the larger nematodes. The filtrate of the 105 μ sieves was mixed with the holdback of the 44 μ sieves before passing through double cotton

* Received for publication in September, 1972.

** Research Plant Nematologist, CEPEC.

*** Landbouwhogeschool, Wageningen, The Netherlands.

wool filters. The nematode suspensions were collected from the extraction trays and Petri dishes after 24 hours, mixed together, and made up to 100 ml. Afterwards nematode populations were determined up to generic level using a stereoscopic microscope and identification up to species level was done after killing and fixing the concentrated nematode populations in 5% formalin and making permanent mounts in pure glycerin (5).

RESULTS AND DISCUSSION

The results of the survey are listed in Table 1 and 2 and the nematode fauna of various biotopes is discussed below.

Pineapple

Pineapple (Ananas comosus), like most tropical crops is susceptible to many diseases, insects and nematodes. Several plant-parasitic nematodes of pineapple were reported from São Paulo (2). Five plant-parasitic, one suspected plant parasitic and 13 free-living nematode genera were found in our sample (Tables 1 and 2). A high population of Dysmicoccus brevipes, an insect mealy bug, was also isolated. Helicotylenchus dihystrera, Rotylenchulus reniformis, Paratrichodorus minor, Xiphinema vulgare and the free-living nematodes are reported for the first time from pineapple in Brazil.

Table 1 - Plant-parasitic nematodes found at the Centro de Pesquisas do Cacau, Itabuna, Bahia.

Genus/Species	Occurrence	
	Biotope	% in the samples
<u>Aphelenchoides</u> sp.	A, B, E	43
<u>Dolichodorus</u> sp.	C, E	29
<u>Helicotylenchus</u> sp.	B, E	29
<u>H. dihystrera</u>	A, B, C, E, F	72
<u>Hemicycliophora loofi</u>	C, D, F	43
<u>Meloidogyne</u> sp.	B, E, F	43
<u>M. incognita</u>	B, D	29
<u>Paratrichodorus minor</u>	A, B	29
<u>Peltamigratus holdemani</u>	E	14
<u>Rotylenchulus reniformis</u>	A, C, D, E	57
<u>Trichodorus</u> sp.	E	14
<u>Tylenchorhynchus acutus</u>	F	14
<u>Xiphinema</u> sp.	A, B, E	43
<u>X. ifacolum</u>	D, B	14
<u>X. vulgare</u>	A, B, C, D, F	72

A - Ananas comosus; B - Capsicum frutescens; C - Hamelia erecta; D - Morus alba; E - Passiflora edulis e F - Portulaca grandiflora.

Table 2 - Free-living nematodes found at the Centro de Pesquisas do Cacau, Itabuna, Bahia.

Genus/Species	Biotope
<i>Acrobeles</i> sp.	E
<i>Alaimus</i> sp.	C, F
<i>Amphidelus</i> sp.	B, E
<i>A. dolichurus</i>	E
<i>Aphelenchus avenae</i>	A, B, E, F
<i>Aporcelaimellus</i> sp.	A, B, E
<i>Axonchium amplicolle</i>	B, D
<i>Basitrypanus</i> sp.	D
<i>Carcharolaimus formosus</i>	B, D
<i>Caribenema longidens</i>	D
<i>Cephalobus</i> sp.	E
<i>C. nanus</i>	A
<i>Chitwoodius</i> sp.	A, B, D, E
<i>Chronogaster</i> sp.	E
<i>Cobbonchus</i> sp.	A, D
<i>Cryptonchus abnormis</i>	E
<i>Diptherophora</i> sp.	A, C, E
<i>Discolaimus brevis</i>	E
<i>Discolaimum</i>	C
<i>Dorylaimellus</i> sp.	D, E
<i>D. cf. longicollis</i>	A
<i>D. cf. pruni</i>	A
<i>D. cf. clavatus</i>	A
<i>Eudorylaimus</i> sp.	A, B, C, E
<i>E. granuliferus</i>	B, C
<i>E. insignis</i> sp.	B
<i>Heterocephalobus longicaudatus</i>	E
<i>Huntaphelenchoides</i> sp.	B
<i>Isonus</i> sp.	E
<i>I. longicaudatus</i>	D
<i>Iotonchus</i> sp.	B, E
<i>Mesodorylaimus</i> sp.	A, B, E
<i>M. parasubtilis</i>	C
<i>Miconchus</i> sp.	B
<i>Monhystera</i> sp.	E
<i>Myionchulus minor</i>	A
<i>M. signatus</i>	E
<i>Nygolaimus</i> sp.	D, E
<i>Polyonchulus cobbi</i>	A
<i>Prismatolaimus intermedius</i>	A
<i>Prodorylaimus</i> sp.	B, E
<i>Proleptonchus</i> sp.	E
<i>Rhabditis sensu lato</i>	F
<i>Scapides perplexus</i>	E
<i>Sectonema</i> sp.	B
<i>Sporonchulus dentatus</i>	B, C, E
<i>Thornonema cavalcantii</i>	D
<i>Tylencholaimus</i> sp.	E
<i>Zeldia</i> sp.	A, E

A - *Ananas comosus*; B - *Capsicum frutescens*; C - *Hamelia erecta*; D - *Morus alba*; E - *Passiflora edulis* e F - *Portulaca grandiflora*.

The root-knot nematodes, pin nematodes, lesion nematodes, *Monhystera* sp., *Leptonchus* sp., reported by Lordello (2) have not yet been found in our survey from Bahia.

Pepper

The Pepper plants (*Capsicum frutescens*) was stunted with mottled green and yellow curled leaves and die-back of the twigs and the fruits were yellowish and very small in size. The roots were fairly heavily galled due to infestation by root-knot nematodes, *Meloidogyne* sp., and *M. incognita*. The other nematodes associated with the sick plants were *Aphelenchoides* sp., *Helicotylenchus* sp., *H. dihystra*, *Paratrichodorus minor* and *Xiphinema* sp., and *X. vulgare*. The latter two genera are virus vectors and the mottling of the leaves may be associated with these nematodes.

Red-fowl

The red-fowl (*Hamelia erecta*) is commonly found in the wild state in several parts of Brazil. So far, it has not been mentioned in nematological literature. The plant is not of direct economic importance but it may be an additional host of coffee nematodes as it also belongs to the family Rubiaceae. However, none of the nematodes attacking coffee were found associated with this plant.

Mulberry

The mulberry (*Morus alba*) leaves serve as forage for rearing silkworm caterpillars (*Bombyx mori*) in Brazil like else-

where. The root system had small rounded galls on the feeder roots, harbouring M. incognita. Colbran (1) in Queensland, Australia reported Meloidogyne sp., and M. javanica associated with mulberry. M. javanica however, was not found in our sample. Four genera and five species of plant-parasitic forms and 10 free-living genera and species (Tables 1 and 2) are reported.

Passion fruit

The yellow passion fruit (Passiflora edulis) makes a juice which is used in blending with other fruit juices and jellies. Lordello (2) reported the root-knot nematode, Meloidogyne sp., from roots of Passiflora alata in the State of São Paulo. Several seedlings were found dead which were later culled out. The roots of the seedlings were heavily infested with the reniform nematode, Rotylenchulus reniformis with egg masses. High populations of larvae and males were isolated from the soil. Seven plant parasitic and 22 free-living genera from declining seedlings growing in plastic bags in the nursery were found (Tables 1 and 2).

Garden portulaca

The garden portulaca (Portulaca grandiflora) plants were found poorly growing in the kitchen garden at Itabuna with yellow foliage. The roots were heavily infested with the root-knot nematode, Meloidogyne incognita acrita. Five nematode genera of plant-parasitic and two of free-

living type were encountered (Tables 1 and 2). Tylenchorhynchus acutus is a nematode of the temperate region and is reported for the first time from Bahia.

The spiral nematode, Helicotylenchus dihystra and the dagger nematode, Xiphinema vulgare were encountered most frequently. The reniform nematode, Rotylenchulus reniformis was recovered from four out of six plants being the second important genus. It is an endoparasite known to cause heavy losses to crops in several parts of the world. Aphelenchoides sp., Hemicyliophora loofi, Meloidogyne sp., and Xiphinema sp., occupy the third place in terms of frequency of occurrence. Peltamigratus holdemani, Trichodorus sp., Tylenchorhynchus acutus and Xiphinema ifacolum each were isolated from three different hosts.

Only two free-living nematodes genera were isolated from the rhizosphere of Portulaca grandiflora growing in rich organic soil whereas a large number of species were isolated from others which were poor in organic matter contents. This is not in agreement with the accepted hypothesis that free-living nematodes are found in larger numbers in organic soils.

The plant-parasitic and free-living nematode genera associated with different plants listed in this paper are recorded for the first time from Bahia. The nematodes associated with Hamelia erecta are reported for the first time in the world.

The results of this limited survey indicate that nematodes, also noxious species, are much more prevalent and more widely distributed on several plants than has been believed.

LITERATURE CITED

1. COLBRAN, R.C. Studies of plant and soil nematodes. 2. Queensland host records of root-knot nematodes (Meloidogyne species). Queensland Journal of Agricultural Science 15(3): 101-136. 1958.
2. LORDELLO, L.G.E. Contribuição ao conhecimento dos nemátodos do solo de algumas regiões do Estado de São Paulo. Tese de doutoramento. Piracicaba, São Paulo, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". 1953. 75 p. (Mimeografado).
3. _____. Plantas hospedeiras do nematóide Meloidogyne thamesi na Bahia. Solo (Brasil) 62(1):19. 1970.
4. OOSTENBRINK, M. Estimating nematode populations by some selected methods. In Sasser, J.N. and Jenkins, W.R. Nematology. Chapel Hill, University of North Carolina Press. 1960. pp. 85-102.
5. SEINHORST, J.W. Killing nematodes for taxonomic study with hot f.a. 4:1. Nematologica 12(1):178. 1966.
6. SHARMA, R.D. Nematodes associated with cacao and rubber in Bahia. Revista Theobroma (Brasil) 1(3):43-45. 1971.

SUMMARY

A total of seven soil samples collected around six crop plants namely, pineapple (Ananas comosus), hot pepper (Capsicum frutescens), red-fowl (Hamelia erecta), mulberry (Morus alba), passion fruit (Passiflora edulis) and garden portulaca (Portulaca grandiflora) showed the presence of 11 genera of plant-parasitic nematodes with 15 species, and 39 genera of free-living nematodes with 49 species. The percentage of occurrence of the most common plant parasitic species in the samples collected were: Helicotylenchus dihystra (72%), Xiphinema vulgare (72%), Rotylenchulus reniformis (57%), Aphelenchoides sp. (43%), Hemicycliophora loofi (43%), Meloidogyne sp. (43%), Xiphinema sp. (43%), Dolichodorus sp. (29%), Helicotylenchus sp. (29%), Meloidogyne incognita (29%), Paratrichodorus minor (29%), Peltamigratus holdemani (14%), Trichodorus sp. (14%), Tylenchorhynchus acutus (14%) and Xiphinema ifacolum (14%).

NEMATÓDIOS ASSOCIADOS
COM DIFERENTES PLANTAS
NO CENTRO DE PESQUISAS DO CACAU, BAHIA

RESUMO

Sete amostras de solo coletadas no CEPEC e adjacências na rizosfera de ananás (Ananas comosus), pimenta malagueta (Capsicum frutescens), erva de rato (Hamelia erecta), amora (Morus alba), maracujá (Passiflora edulis) e onze-horas (Portulaca grandiflora) mostraram a presença de 50 gêneros de nematódios sendo 11 gêneros de parasitas com 15 espécies e 39 gêneros de vida livre com 49 espécies. As espécies mais freqüentes de parasitas de plantas nas amostras foram: Helicotylenchus dihystera (72%), Xiphinema vulgare (72%), Rotylenchulus reniformis (57%), Aphelenchoides sp. (43%), Hemicycliophora loofi (43%), Meloidogyne sp. (43%), Xiphinema sp. (43%), Dolichodorus sp. (29%), Helicotylenchus sp. (29%), Meloidogyne incognita (29%), Paratrichodorus minor (29%), Peltamigratus holdemani (14%), Trichodorus sp. (14%), Tylenchorhynchus acutus (14%) e Xiphinema ifacolum (14%).



INFORMAÇÃO AOS COLABORADORES

Os conceitos e opiniões, emitidos nos artigos, são da exclusiva responsabilidade dos autores. São aceitos para publicação trabalhos que se constituam em real contribuição para um melhor conhecimento dos temas relacionados com problemas agrônômicos e sócio-econômicos de áreas cacaueiras.

Os artigos devem ser datilografados em espaço duplo, com o máximo de 2.500 palavras ou 10 folhas tamanho carta (28,0 x 21,5 cm), em uma só face e com margens de 3 cm por todos os lados. Os originais devem ser acompanhados de duas cópias perfeitamente legíveis.

Desenhos e gráficos devem ser feitos com tinta nankin e não ultrapassar a medida de 18,0 x 20,0 cm; as fotografias devem ter 15,0 x 23,0 cm, em papel fotográfico brilhante com bom contraste. As ilustrações devem ser numeradas e com legendas escritas à máquina, em papel separado. Recomenda-se não dobrá-las para evitar dificuldades na reprodução.

As referências no texto devem ser feitas pelo nome do autor, acompanhado do número de ordem da citação bibliográfica. Ex.: Medeiros (5), ou simplesmente (5). A "Literatura Citada" deve ser organizada por ordem alfabética dos autores, com número de ordem, usando-se o seguinte sistema:

5. MEDEIROS, A.G. Método para estimular a esporulação do Phytophthora palmivora (Butl.) Butl. em placas de Petri. Phyton 22(1):73-77. 1965.

O resumo não deve exceder meia página datilografada, sendo acompanhado de versão em inglês. São aceitos artigos em português, espanhol, inglês e francês.

INFORMATION FOR CONTRIBUTORS

Concepts and opinions given in articles are the exclusive responsibility of the authors. Only articles concerned with agronomic and social-economic problems of cocoa growing areas, which represent a new contribution to the subject, will be accepted for publication.

Articles should be typed in double spacing with a maximum of 2,500 words or 10 letter sized pages (28.0 x 21.5 cm) with a 3 cm margin on all sides, together with two legible copies.

Drawings and graphs should be prepared with India ink not exceeding 18.0 x 20.0 cm; photographs should be 15.0 x 23.0 cm glossy prints with good contrast. Illustrations must be numbered, with the machine typed subtitles on separate paper. To avoid reproduction difficulties it is recommended that enclosures should not be folded.

Text references should appear with the name of the author and/or the order number in the literature citation. The "Literature Cited" should be numbered in alphabetical order employing the following system:

5. MEDEIROS, A.G. Método para estimular a esporulação do Phytophthora palmivora (Butl.) Butl. em placas de Petri. Phyton 22(1):73-77. 1965.

Articles are accepted in Portuguese, Spanish, English, and French.

