

RESPOSTAS DO CACAUEIRO À APLICAÇÃO DE N, P E K EM DOIS SOLOS DA AMAZÔNIA BRASILEIRA⁽¹⁾

F. I. O. MORAIS⁽²⁾

RESUMO

A cacauicultura da Amazônia está implantada em solos eutróficos, com predominância da Terra Roxa Estruturada, e em Latossolos ou Podzólicos distróficos, sendo desconhecidas as limitações nutricionais desses solos na fase produtiva do cacau. As respostas do cacau à aplicação de N, P e K foram determinadas em dois experimentos instalados nos municípios de Medicilândia, ao longo da Rodovia Transamazônica, e Benevides, Pará, em solos das unidades Terra Roxa Estrutura eutrófica (TR) e Latossolo Amarelo (LA), respectivamente. As lavouras de cacau do híbrido Sca 6 x Be 10 foram implantadas após o corte e queima da mata primária, utilizando-se, como esquema experimental, um fatorial NPK 2³ com tratamentos adicionais de P. Os resultados obtidos demonstraram que o P foi o principal nutriente que limitou a produção, provocando incrementos de produtividade ($P < 0,01$) da ordem de 13,7% (110 kg ha^{-1}) e 44,3% (214 kg ha^{-1}) nos solos TR e LA, respectivamente, na média do período 1987 a 1993. O K também aumentou ($P < 0,01$) o rendimento de amêndoas secas de cacau no solo LA, verificando-se, ainda, interações significativas ($P < 0,05$) entre N x K e P x K neste solo. A resposta linear do cacau ao P e o aumento ou diminuição da taxa de infecção de vassoura-de-bruxa ao N, P e K evidenciam a necessidade de novas pesquisas para definir a dosagem econômica de P, de K e o efeito da interação dos nutrientes com a enfermidade.

Termos de indexação: cacau, adubação, macronutrientes, vassoura-de-bruxa.

SUMMARY: *RESPONSES OF CACAO TO N, P AND K ON TWO AMAZON BASIN SOILS OF BRAZIL*

The new planting areas of cacao in the Amazon basin of Brazil were established on eutrophic soils, especially structured Purple Earth, and on Yellow Latosol or dystrophic podzolic soils. The nutrient requirements of cacao trees cultivated on these soils were still unknown. The effects of N, P and K on the productivity of cacao were determined in two experiments conducted in the counties of Medicilândia, along the Transamazonian Highway, and Benevides, Pará, Brazil.

⁽¹⁾ Recebido para publicação em outubro de 1994 e aprovado em novembro de 1997.

⁽²⁾ Pesquisador da CEPLAC, aposentado, Professor Visitante da Faculdade de Ciências Agrárias do Pará. Rua Tiradentes, 590/701, CEP 66053-330 Belém (PA).

The cacao crop of the hybrid Sca 6 x Be 10 was established on soil units of structured Purple Earth (TR) and Yellow Latosol (LA), after the slash and burn of the natural vegetation. The experimental design was a NPK 2³ factorial with additional treatments of P. Results showed that P ($P < 0,01$) increased the productivity on TR and LA soils by 13,7% (110 kg ha⁻¹) and 44,3% (214 kg ha⁻¹), respectively, on average, during the period 1987 to 1993. Potassium ($P < 0,01$) increased yield on LA. Significant N x K and P x K interactions ($P < 0,05$) on yield were also obtained in this soil. The linear response of cacao to P application and the increase or decrease in the infection of witches' broom disease due to N, P or K applications suggest the need for additional research to define economically optimum rates of P and K and to elucidate the effect of the reaction of these nutrients on witches' broom infections.

Index terms: cacao, fertilization, macronutrients, witches' broom.

INTRODUÇÃO

O plantio do cacau na Amazônia foi iniciado em 1976, conforme acordo celebrado entre a Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira (CEPLAC) e a Secretaria de Agricultura do Estado do Pará (SAGRI). Existem, atualmente, cerca de 110.000 hectares plantados, distribuídos, principalmente, nos estados do Pará, Rondônia e Mato Grosso, envolvendo 13.000 produtores rurais e um potencial de produção de 165.000 t de amêndoas secas de cacau, no valor estimado de duzentos milhões de reais.

As áreas de maior desenvolvimento da cacauicultura situam-se ao longo da Rodovia Transamazônica, no Pará, e em Rondônia, onde ocorrem extensas manchas de solos eutróficos, do tipo Terra Roxa Estruturada, e latossolos ou podzólicos distróficos, extremamente pobres em nutrientes (Falesi, 1972; Silva et al., 1973; Neves & Barbosa, 1982; Morais & Campos, 1986).

Nos últimos quinze anos, diversos experimentos foram realizados para a obtenção de conhecimentos sobre a capacidade produtiva desses solos e a resposta do cacau à aplicação de fertilizantes e corretivos (Campos, 1982; Morais & Campos, 1986; Morais & Pereira 1986; Morais & Santos, 1986; Pereira & Morais, 1987; Morais, 1988). Os dados obtidos na fase inicial de desenvolvimento das plantas no presente experimento foram descritos por Morais & Pereira (1986) e Morais (1988).

O objetivo deste trabalho foi determinar o efeito dos nutrientes N, P e K na produção de amêndoas secas e na infecção de vassoura-de-bruxa do cacau em solos da Amazônia.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido em duas plantações de cacau do híbrido Sca 6 x Be 10, estabelecidas em solos das unidades Terra Roxa Estruturada eutrófica (TR) e Latossolo Amarelo (LA), situadas no município de Medicilândia, Rodovia Transamazônica no trecho Altamira Itaituba, Km 100, e no município de Benevides, respectivamente, no Pará, após o corte e queima da mata primária. As propriedades físicas e químicas selecionadas dos solos (Quadro 1) foram analisadas de acordo com o método descrito por Santana et al. (1977), obtidas nas áreas experimentais antes da derrubada da floresta, estão sumariadas no quadro 1, incluindo os dados de composição mineralógica, extraídos de Morais (1975), e de ferro livre, extraídos de Neves & Barbosa (1977).

O clima de Medicilândia é caracterizado por um período chuvoso de dezembro a maio, e um período seco, de junho a novembro. O total médio anual de chuvas situa-se em torno de 2.200 mm, com um déficit hídrico médio de 275 mm no período seco do ano. A insolação média anual é de aproximadamente

Quadro 1. Propriedades químicas, físicas e mineralógicas dos solos⁽¹⁾

Solo	Profundidade	Argila	C	pH	P	Ca	Mg	K	Al	CTC ⁽²⁾	Fe ₂ O ₃
	cm	— g kg ⁻¹ —			mg kg ⁻¹			mmol _c kg ⁻¹			g kg ⁻¹
TR ⁽³⁾	0-20	460	12,1	6,2	3	57	17	5,0	0	79,4	40
	20-40	600	5,1	6,6	1	16	5	3,5	0	24,5	47
LA ⁽⁴⁾	0-20	210	7,7	4,8	2	4	2	0,5	9	15,5	2
	20-40	220	4,7	4,6	1	3	2	0,5	6	11,5	3

⁽¹⁾ Minerais da fração argila (< 0,002 mm) do solo TR = caulinita, vermiculita, hematita, goetita, quartzo e talco, LA = caulinita, gibsitita, goetita e quartzo (Morais, 1975). ⁽²⁾ CTC Efetiva. ⁽³⁾ TR = Terra Roxa Estruturada eutrófica. ⁽⁴⁾ LA = Latossolo Amarelo.

1.520 horas, sendo a temperatura média do ano de 26°C, com uma amplitude térmica de 1,1°C entre a média dos meses mais secos e chuvosos do ano. O clima de Benevides é semelhante ao de Belém, com um período chuvoso, de dezembro a junho, e um período de menor intensidade de chuvas, de julho a novembro. A precipitação pluviométrica anual atinge 2.700 mm, com déficit hídrico médio do período seco de 37 mm, especialmente nos meses de outubro e novembro. A insolação média anual é de 2.360 horas, sendo a temperatura média anual de 26,2°C (Morais & Scerne, 1986).

O sombreamento provisório das lavouras de cacau foi de bananeira (*Musa spp.*), no espaçamento de 3 x 3 m. O sombreamento permanente foi obtido com o cultivo da eritrina (*Erythrina poeppigiana*), planta leguminosa, na Terra Roxa, e de gmelina (*Gmelina arborea*) no Latossolo Amarelo, em Benevides, no espaçamento de 24 x 24 m. As mudas de cacau foram transplantadas para o campo em abril de 1982, após seis meses de viveiro, utilizando-se o espaçamento de 3 x 3 m.

O esquema experimental básico foi um fatorial NPK 2³, com tratamentos adicionais de fósforo (120 e 240 kg ha⁻¹ de P₂O₅), calagem (calcário dolomítico na dosagem de 1 t ha⁻¹), uma mistura de micronutrientes (2 kg ha⁻¹ de B, 9 kg ha⁻¹ de Zn, 4 kg ha⁻¹ de Fe, 3 kg ha⁻¹ de Cu e de Mo), matéria orgânica (esterco de gado nas dosagens de 1 e 5 t ha⁻¹) e fracionamento da adubação NPK em três aplicações anuais, com três repetições, de 20 cacauzeiros úteis por parcela, em cada local de pesquisa, e bordaduras simples entre parcelas e blocos (Morais, 1988). Fontes dos nutrientes N, P, K foram a uréia, o superfosfato triplo e o cloreto de potássio, respectivamente. A dosagem por planta do fertilizante foi aplicada a lanço, no espaço compreendido entre quatro cacauzeiros. As doses de N, P₂O₅ e K₂O foram 0 e 60 kg ha⁻¹ ano⁻¹. Os tratamentos culturais foram efetuados de acordo com as recomendações da CEPLAC (Garcia et al., 1985).

Os dados relatados neste trabalho referem-se à parte fatorial e aos tratamentos adicionais de P (Gomes, 1977). Os parâmetros de avaliação foram as alterações verificadas nas propriedades químicas do solo, à profundidade de 0-20 cm, desde a eliminação da floresta até 1991; a produção de amêndoas secas e a perda de frutos por infecção de vassoura-de-bruxa (VB), enfermidade causada pelo fungo *Crinipellis pernicioso*, na fase produtiva das lavouras de cacau. A porcentagem de frutos perdidos ou infectados com VB foi calculada a partir da fórmula:

$$VB (\%) = Fi \times 100/Tfp \quad (1)$$

em que

Fi = Frutos perdidos por infecção de vassoura-de-bruxa; Tfp = Total de frutos produzidos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A figura 1 e o quadro 2 mostram o efeito da aplicação de nutrientes N, P e K na produção de amêndoas secas de cacau, considerando o tempo e os solos usados no experimento. A aplicação de P

provocou incrementos de produtividade ($P < 0,01$) da ordem de 13,7% (110 kg ha⁻¹) e 44,3% (214 kg ha⁻¹) nos solos TR e LA, respectivamente, na média do período de 1987 a 1993. O K aumentou ($P < 0,01$) a produtividade do cacauzeiro no Latossolo Amarelo, verificando-se, ainda, a ocorrência de interações significativas ($P < 0,05$) entre P x K e N x K nesse solo (Quadro 2). Em nenhum solo foi observado efeito do N sobre o rendimento do cacauzeiro, devido, provavelmente, ao tipo e à intensidade do sombreamento. As árvores utilizadas para sombrear o cacauzeiro contribuíram, aparentemente, para incrementar o nível desse elemento no solo pela adição de resíduos orgânicos (folhas, galhos, frutos, etc.) e/ou fixação de N em nódulos radiculares da eritrina, diminuindo a probabilidade de resposta da cultura à aplicação de fertilizantes nitrogenados. A fixação de N pelas raízes da eritrina foi demonstrada por Santana et al. (1988). A aplicação de P foi também responsável pelo maior crescimento em diâmetro do caule do cacauzeiro no solo LA, na fase inicial do experimento (Morais, 1988). Efeitos do P, do K e das interações N x sombreamento, P x K e N x K na produtividade do cultivo foram também obtidos em outras regiões produtoras de cacau, a exemplo da Costa do Marfim (Jadin, 1972), da Malásia (Mainstone & Thong, 1978), do Sul da Bahia (Morais et al., 1978) e de Gana (Ahenkorah et al., 1983).

O P reduziu o número de frutos infectados pela vassoura-de-bruxa no solo TR ($P < 0,05$) e, em maior intensidade, no solo LA ($P < 0,01$). Neste último, a aplicação de N e K contribuiu para aumentar ($P < 0,05$) a porcentagem de frutos infectados pela doença. Acredita-se que o maior crescimento vegetativo do cacauzeiro, ocasionado pela adição de K e, especialmente, de N, produza tecidos tenros mais suscetíveis à infecção da doença, aumentando o potencial de inóculo do fungo, havendo a necessidade de se comprovar essa hipótese. Sabe-se, além disso, que brotações sadias de cacau contêm maiores teores de Ca, Mg, P e Zn do que aquelas infectadas pela enfermidade (Bastos & Pereira, 1991), indicando que a nutrição balanceada do cacauzeiro pode torná-lo menos suscetível ao ataque da doença.

Em ambos os solos, observaram-se pequenos aumentos nos valores de pH e Ca + Mg na fase inicial, seguidos de decréscimos para valores próximos ou inferiores aos encontrados originalmente no solo (Figura 3). Tal comportamento foi devido, provavelmente, à adição e lixiviação de cinzas no processo de queima da mata primária (Morais & Santos, 1986). O alumínio trocável apresentou tendência semelhante, especialmente no Latossolo Amarelo. O P e o K foram os elementos de maior dinâmica, principalmente o K no solo Terra Roxa (TR). O teor de K neste solo variou de 5,0 mmol_c kg⁻¹, em 1981, a 1,0 mmol_c kg⁻¹, em 1990. O solo TR contém vermiculita na fração coloidal, havendo a possibilidade de fixação do K nos espaços entre camadas do mineral ou perdas por lixiviação do elemento contido nas cinzas da queimada e no fertilizante (Quadro 1), considerando o elevado índice de precipitação pluviométrica da região. Tanto a fixação quanto a lixiviação diminuem o teor de K no complexo de troca e na solução do solo.

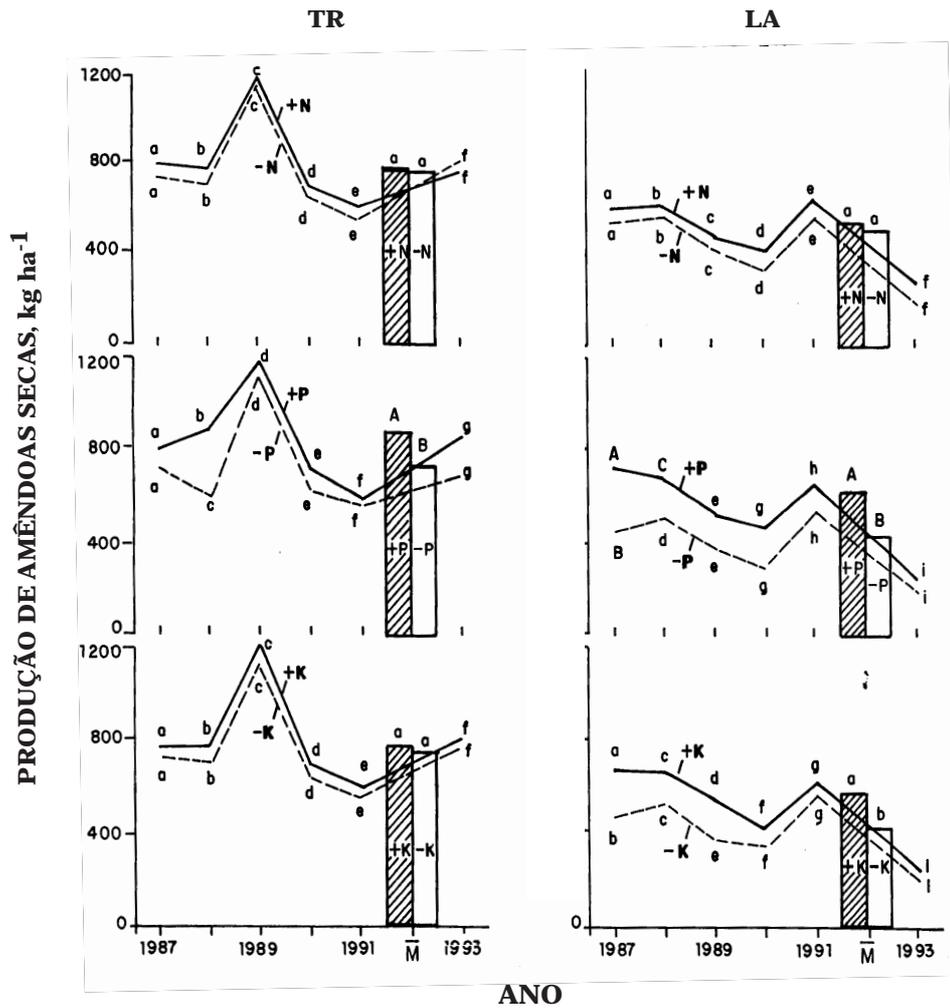


Figura 1. Produção de amêndoas secas de cacau nos solos TR (Terra Roxa Estruturada) e LA (Latosolo Amarelo), considerando a aplicação de N, P e K. M = produção média do período de 1987 a 1993. Letras diferentes no mesmo ano e na comparação de médias indicam diferenças estatísticas ao nível de 1% (maiúscula) ou 5% (minúscula) pelo teste de Duncan.

Quadro 2. Análise de variância dos experimentos relativa à produção de amêndoas secas de cacau

Fonte de variação	G.L.	Terra Roxa - TR			Latosolo Amarelo - LA		
		QM	F	Signif.	QM	F	Signif.
N	1	39.733,78	1,29	ns	92.496,93	3,32	ns
P	1	359.600,10	11,65	**	1.109.388,00	39,86	**
K	1	3.402,78	0,11	ns	515.042,90	18,50	**
Bloco	2	31.186,29	1,01	ns	59.539,95	2,14	ns
Ano	6	962.750,69	31,19	**	562.427,20	20,21	**
N x P	1	22.250,69	0,72	ns	5.833,93	0,21	ns
N x K	1	20.688,03	0,67	ns	139.207,90	5,00	*
P x K	1	85.166,70	2,76	ns	147.265,90	5,29	*
N x ano	6	9.602,43	0,31	ns	6.299,38	0,23	ns
P x ano	6	49.658,13	1,61	ns	41.601,57	1,50	ns
K x ano	6	16.250,93	0,53	ns	42.377,77	1,52	ns
Resíduo	135	30.865,51	-	-	27.833,42	-	-

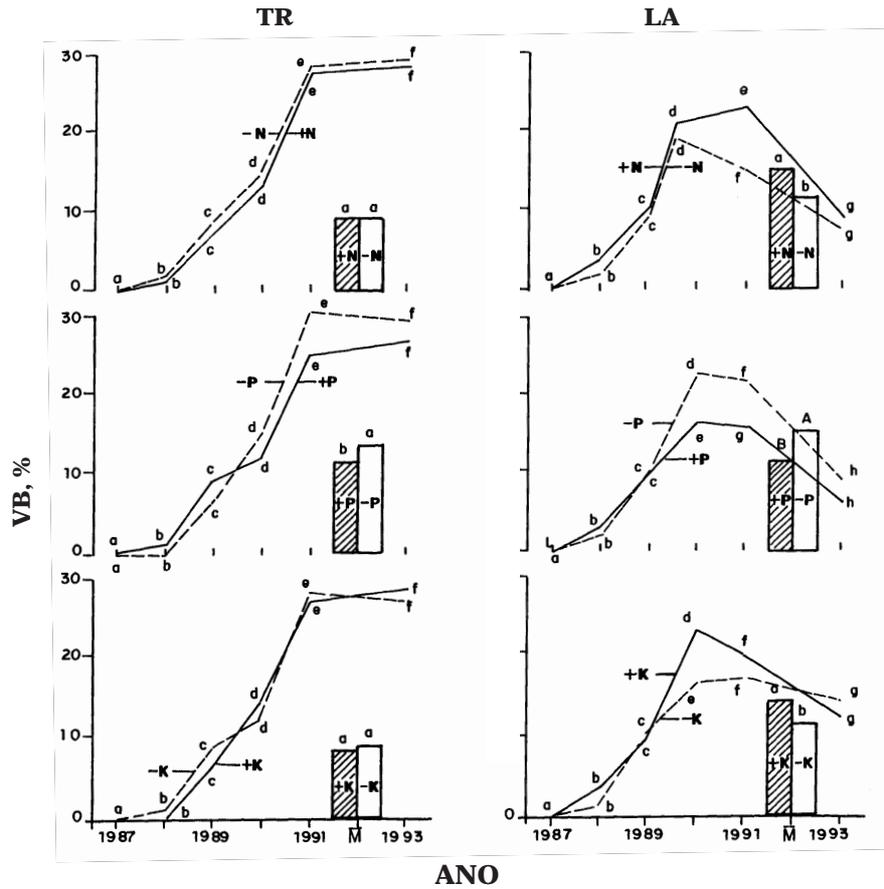


Figura 2. Efeitos da aplicação de N, P e K na perda de frutos do cacauieiro por infecção de vassoura-de-bruxa (VB) nos solos TR (Terra Roxa Estruturada) e LA (Latosolo Amarelo). M = produção média do período de 1987 a 1993. Letras diferentes no mesmo ano indicam diferenças estatísticas ao nível de 1% (maiúscula) ou 5% (minúscula) pelo teste de Duncan.

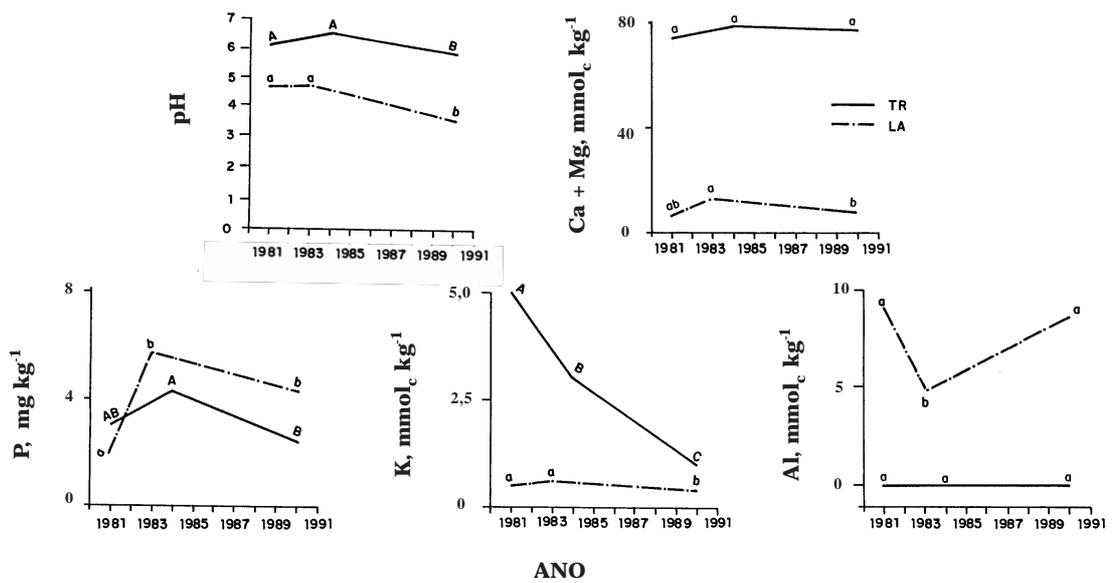


Figura 3. Modificações nas propriedades químicas dos solos TR (Terra Roxa Estruturada) e LA (Latosolo Amarelo), considerando o tempo de condução do experimento. Amostras dos solos coletadas à profundidade de 0 a 20 cm. Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças estatísticas ao nível de 1% (maiúscula) ou 5% (minúscula) pelo teste de Duncan.

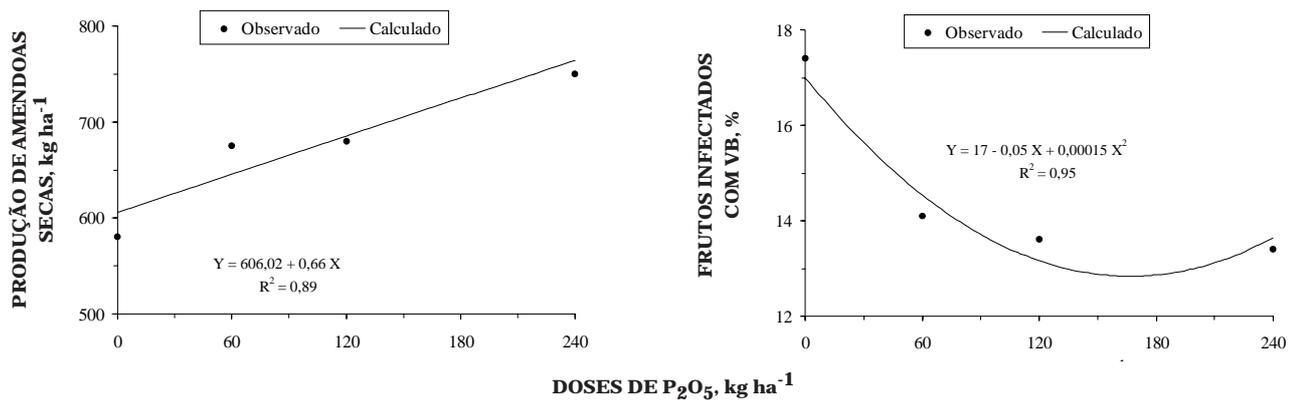


Figura 4. Efeito de doses de P na produção de amêndoas secas (a) e na perda de frutos (b) por infecção de vassoura-de-bruxa (VB). Média dos solos Terra Roxa Estruturada (TR) e Latossolo Amarelo (LA).

O rendimento médio de amêndoas secas de cacau e a perda de frutos por infecção de vassoura-de-bruxa, em função de doses de fósforo, encontram-se na figura 4. Deve-se esclarecer que não houve interação significativa entre a dosagem do nutriente e o tipo de solo ou ano de condução do experimento. As dosagens de P, de 0 a 240 kg ha⁻¹ de P₂O₅, incrementaram linearmente ($Y = 606,02 + 0,66X$, $R^2 = 0,89^{**}$) a produção de amêndoas secas do cacau e reduziram o número de frutos infectados com a enfermidade, sendo a seguinte equação ajustada aos dados obtidos: $Y = 17 - 0,05X + 0,00015X^2$ ($R^2 = 0,95^{**}$). Respostas lineares do cacau à aplicação de P foram também relatadas por Wessel (1971), na África Ocidental, e por Lin & Mainstone (1982), na Malásia.

CONCLUSÕES

1. O P foi o principal nutriente que limitou a produção de cacau nos solos utilizados no experimento. No Latossolo Amarelo, o K proporcionou aumento da produtividade do cacau; o efeito desse elemento foi dependente das doses de N e P aplicadas.

2. A resposta do cacau à aplicação de P foi linear.

3. O P reduziu o número de frutos atacados pela vassoura-de-bruxa em ambos os solos, enquanto o N e o K aumentaram a intensidade de incidência dessa enfermidade no Latossolo Amarelo.

LITERATURA CITADA

- AHENKORAH, Y.; HALM, B.J. & AKROFI, G.S. Techniques and methods used for identification of suitable soils for growing cacao in Ghana. In: CACAO SOILS WORKSHOP, 1. BRAZIL, 1977. Techniques and methods for selecting soils suitable for cacao, Report. Lagos, Nigeria, Cocoa Producers' Alliance, 1983. p.45-55.
- BASTOS, C.N. & PEREIRA, G.C. Determinação de níveis de nutrientes em tecidos saudáveis e infectados de cacaueiros por *Crinipellis pernicioso*. Belém, CEPLAC, 1991. 86p. (Informe de Pesquisa)
- CAMPOS, A.X. Avaliação da fertilidade de solos cacaueiros da Amazônia. Belém, CEPLAC, 1982. 17p. (Comunicado Técnico, 22)
- FALESI, I.C. O estado atual dos conhecimentos sobre os solos da Amazônia brasileira. In: INSTITUTO DE PESQUISAS E EXPERIMENTAÇÃO AGROPECUÁRIAS DO NORTE, Zoneamento Agrícola da Amazônia. Belém, IPEAN, 1972. p.17-67.
- GARCIA, J.J.S.; MORAIS, F.I.O.; ALMEIDA, L.C. & DIAS, J.C. Sistema de produção do cacau na Amazônia Brasileira. Belém, CEPLAC, 1985. 117p.
- GOMES, F.P. Curso de estatística experimental. Editora Nobel, São Paulo, 1977. 430p.
- JADIN, P. Study of the mineral fertilization of cocoa trees on the Ivory Coast from a "soil diagnosis". *Café, Cacao, The*, 16:204-218, 1972.
- LIN, A.M. & MAINSTONE, B.J. Phosphate requirements of cocoa on Malaysian Inland soils. Kuala Lumpur, The Malaysian Society of Soil Science, 1982. p.365-381.
- MAINSTONE, B.J. & THONG, K.C. Fertilizer response over 6 years from preplanting monocrop cocoa on a Bongor Soil series. Preprint from the International Conference on Cacao and Coconuts. Kuala Lumpur, 1978. 20p.
- MORAIS, F.I.O. Charge characteristics and ion exchange equilibria in soils from the humid tropics of Brazil. Riverside, CA, University of California, 1975. 100p. (Ph.D. Dissertation)
- MORAIS, F.I.O. Efeito de fertilizantes e corretivos no crescimento e produção do cacau em solos da Amazônia Brasileira. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL DE PESQUISAS EM CACAU, 10, São Domingo, República Dominicana, 1987. Proceedings, England, Cocoa Producers' Alliance, 1988. p.247-251.
- MORAIS, F.I.O. & CAMPOS, A.X. Estado nutricional e produtividade de solos ocupados com cacau na Amazônia Brasileira. In: SIMPÓSIO DO TRÓPICO ÚMIDO, 1. Belém, PA, 1984. Anais. Brasília, EMBRAPA, 1986. p.457-465.

- MORAIS, F.I.O. & PEREIRA, G.C. Respostas do cacauzeiro a aplicação de fertilizantes e corretivos nas condições da Amazônia Brasileira. I. Crescimento e produção inicial. R. Theobroma, 16:65-73, 1986.
- MORAIS, F.I.O. & SANTOS, M.M. Efeitos do sistema de implantação do cacauzeiro nas propriedades químicas de solos da Amazônia brasileira. R. Bras. Ci. Solo, 10:67-70, 1986.
- MORAIS, F.I.O.; SANTANA, M.B.M. & CHEPOTE, R.E. Respostas do cacauzeiro ao nitrogênio, fósforo e potássio em solos da região cacauzeira da Bahia, Brasil. R. Theobroma, 8:31-41, 1978.
- MORAIS, F.I.O. & SCERNE, R.C. Aspectos climáticos dos solos cacauzeiros da Amazônia Brasileira. In: SIMPÓSIO DO TRÓPICO ÚMIDO, 1., Belém, 1984. Anais. Brasília, EMBRAPA, 1986. p.489-496.
- NEVES, A.D. & BARBOSA, R.C.M. Solos representativos dos solos cacauzeiros da Amazônia. Belém, CEPLAC, 1982. 13p. (Comunicado Técnico Especial, 4)
- PEREIRA, G.C. & MORAIS, F.I.O. Variabilidade química da camada superficial de solos dos solos cacauzeiros da Amazônia. R. Theobroma, 17:143-151, 1987.
- SANTANA, M.B.M.; PEREIRA, G.C. & MORAIS, F.I.O. Métodos de análise de solos, plantas e água utilizados no laboratório do Setor de Fertilidade de Solos do CEPEC. Ilhéus, Centro de Pesquisas do Cacau, 1977. 28p.
- SANTANA, M.B.M.; CABALA ROSAND, F.P. & SERÓDIO, M.H. Reciclagem de nutrientes em agrossistemas de cacau. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL DE PESQUISAS EM CACAU, 10, São Domingo, República Dominicana, 1987. Proceedings. England, Cocoa Producers' Alliance, 1988. p.233-237.
- SILVA, L.F.; CARVALHO FILHO, R. & SANTANA, M.B.M. Solos do projeto Ouro Preto. Ilhéus, CEPLAC, 1973. 31p. (Boletim Técnico, 23)
- WESSEL, M. Fertilizer requirements of cacao (*Theobroma cacao* L.) in South Western Nigeria. Koninklijk, Institut Voor de Tropen, 1971. 104p.