

SEÇÃO IV - FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS

EFEITOS DA CALAGEM, COBALTO E MOLIBDÊNIO SOBRE A CONCENTRAÇÃO DE CLOROFILA NAS FOLHAS DE AMENDOIM⁽¹⁾

E. F. CAIRES⁽²⁾ & C. A. ROSOLEM⁽³⁾

RESUMO

Para avaliar os efeitos da calagem e da aplicação de cobalto e molibdênio nas sementes sobre a concentração de clorofila em folhas de plantas de amendoim, foram instalados experimentos, no período “das águas”, nos anos agrícolas 1990/91 e 1991/92, em área de ocorrência de Latossolo Vermelho-Escuro distrófico textura média. Foram utilizadas quatro doses de calcário dolomítico calcinado: 0, 4, 6 e 8 t ha⁻¹; dois cultivares de amendoim: “Tatu” e “Tupã”, e quatro tratamentos de sementes: não tratadas, tratadas com cobalto, com molibdênio e com cobalto mais molibdênio. Verificou-se que, em condições de elevada acidez do solo, a aplicação de molibdênio nas sementes aumentou a concentração de clorofila nas folhas do amendoim, com efeito semelhante ao da calagem na ausência de molibdênio. A concentração de clorofila correlacionou-se positivamente com o teor de nitrogênio nas folhas, indicando que os efeitos da calagem e da aplicação de molibdênio sobre a concentração de clorofila foram basicamente ocasionados pela melhoria do processo de fixação simbiótica do nitrogênio por maior atividade da nitrogenase. Houve aumento linear da produção de vagens e grãos do cultivar “Tatu” com o aumento da concentração de clorofila nas folhas e, no caso do cultivar “Tupã”, a máxima produção de vagens e grãos foi obtida para concentração de clorofila nas folhas de 4,6 mg dm⁻².

Termos de indexação: *Arachis hypogaea*, acidez do solo, nitrogênio.

⁽¹⁾ Parte da Tese de Doutorado do primeiro autor. Recebido para publicação em março de 1997 e aprovado em setembro de 1998.

⁽²⁾ Departamento de Ciência do Solo e Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Ponta Grossa. CEP 84010-330 Ponta Grossa (PR). Bolsista do CNPq.

⁽³⁾ Departamento de Agricultura e Melhoramento Vegetal, FCA-UNESP. Caixa Postal 237, CEP 18608-901 Botucatu (SP). Bolsista do CNPq.

SUMMARY: LIME, COBALT AND MOLYBDENUM EFFECTS ON CHLOROPHYLL CONTENTS IN PEANUT LEAVES

Two field experiments were conducted on a dystrophic Dark Red Latosol (Haplortox) to study the effects of lime, cobalt and molybdenum on chlorophyll contents in the leaves of peanut. Seed treatments (cobalt, molybdenum, cobalt + molybdenum and no treatment) were applied in two peanut cultivars ("Tatu" and "Tupã") grown in four rates of lime (0, 4, 6 and 8 t ha⁻¹), causing an increase in leaf chlorophyll contents either due to Mo or lime application. Chlorophyll contents in the leaves were correlated with N contents, showing that the effects of Mo and lime occurred as consequence of a better symbiotic N fixation and nitrogenase activity. The response of pod and grain yields in cv. "Tatu" was linear with the increase of chlorophyll contents. Maximum pod and grain yields in cv. "Tupã" were observed when the chlorophyll content was 4.6 mg dm⁻².

Index terms: Arachis hypogaea, soil acidity, nitrogen.

INTRODUÇÃO

Na cultura do amendoim, a calagem é quase sempre considerada mais como uma operação fornecedora de cálcio do que corretiva da acidez do solo. Isso porque o amendoim necessita de elevadas concentrações de cálcio no solo, principalmente na zona de frutificação, conforme mostram os trabalhos de Colwell & Brady (1945a,b), Walker (1975) e Walker et al. (1981). Todavia, os efeitos da calagem no solo são complexos, de forma que a cultura do amendoim apresenta resposta positiva não somente à maior disponibilidade de cálcio, mas também à elevação do pH e da saturação por bases do solo (Caires & Rosolem, 1995). Existem ainda diferenças genótípicas com relação às respostas do amendoim à aplicação de calcário (Caires & Rosolem, 1993).

Em condições de elevada acidez do solo, Caires (1990) observou que a calagem aumentou o conteúdo de nitrogênio nas plantas de amendoim. Esse aumento pode ter sido ocasionado pela maior absorção em função de maior mineralização do nitrogênio do solo em consequência da elevação do pH (Rosolem et al., 1990), pela melhor distribuição do sistema radicular devida à melhoria do ambiente radicular do subsolo (Caires & Rosolem, 1991), ou, ainda, pela maior eficiência da fixação do nitrogênio por via simbiótica (Blamey & Chapman, 1982).

De acordo com Blamey (1983), a calagem em solo ácido proporciona importante aumento na produção de amendoim por melhorar a nodulação das plantas. Quando o pH é muito baixo, pode ocorrer indisponibilidade de molibdênio, micronutriente necessário à simbiose bacteriana e, assim, influenciar o fornecimento de nitrogênio às plantas.

O molibdênio talvez seja um dos micronutrientes com maior potencial de resposta para amendoim em solos tropicais (Quaggio et al., 1991). No entanto, trabalhos que relacionam o nutriente e a cultura são escassos, sobretudo internacionais.

Encontra-se bem estabelecido na literatura que o cobalto é essencial ao processo de fixação simbiótica de nitrogênio (Ahmed & Evans, 1960) e ao crescimento do *Rhizobium* (Lowe & Evans, 1962). No entanto, são raros os trabalhos que envolvem a aplicação de cobalto na cultura do amendoim.

O presente trabalho teve por objetivo avaliar a influência da calagem e da aplicação de cobalto e molibdênio sobre a concentração de clorofila em folhas de plantas de amendoim e sua relação com os teores foliares de nitrogênio e a produção de vagens e grãos.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado na Estação Experimental Lageado, da Faculdade de Ciências Agrônomicas - UNESP, no município de Botucatu (SP), em um Latossolo Vermelho-Escuro distrófico textura média, cuja análise realizada antes da instalação apresentou os seguintes resultados: 17 g dm⁻³ de matéria orgânica, pH (CaCl₂ 0,01 mol L⁻¹) 3,8; 80 mmol_c dm⁻³ de H + Al; 4 mmol_c dm⁻³ de Ca; 2 mmol_c dm⁻³ de Mg, 1,0 mmol_c dm⁻³ de K; 5 mg dm⁻³ de P (resina); 87 mmol_c dm⁻³ de CTC e 8% de saturação por bases.

Os tratamentos foram constituídos por quatro doses de calcário dolomítico calcinado com 95% de PRNT (0, 4, 6 e 8 t ha⁻¹), visando elevar a saturação por bases do solo a 50, 70 e 90%; dois cultivares de amendoim "Tatu e Tupã", com densidade de semeadura de 212 e 250 kg ha⁻¹, respectivamente; e quatro aplicações de nutrientes nas sementes: sementes não tratadas, tratadas com cobalto (34 g ha⁻¹ de Co), com molibdênio (125 g ha⁻¹ de Mo) e com cobalto mais molibdênio (34 g ha⁻¹ de Co + 125 g ha⁻¹ de Mo). O calcário foi aplicado apenas no primeiro cultivo, 40 dias antes da semeadura, e incorporado à

profundidade de 0-20 cm por meio de grade niveladora, em terreno previamente arado. As fontes de cobalto e molibdênio foram sulfato de cobalto ($\text{CoSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) e molibdato de amônio $[(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}]$. O delineamento experimental empregado foi o de blocos completos casualizados em parcela subdividida, com três repetições.

As parcelas foram constituídas por seis linhas de plantio, espaçadas de 0,50 m, com o comprimento de 40 m, as quais foram divididas em duas subparcelas de 20 m, e estas em quatro subsubparcelas de 5 m de comprimento. As parcelas receberam os tratamentos de calagem, as subparcelas os cultivares de amendoim e as subsubparcelas os tratamentos de sementes. Entre as parcelas foi mantido um espaço de 2 m sem aplicação de calcário para prevenir a contaminação entre elas durante a incorporação e o preparo de solo. A área útil abrangeu as quatro linhas centrais de cada subsubparcela, desprezando-se 0,5 m de cada extremidade, compreendendo uma área de 8 m².

A semeadura foi realizada manualmente em 07/11/90 e 11/11/91, no período "das águas", em dois cultivos consecutivos, colocando-se 25 sementes por metro linear. Em cada semeadura, foi efetuada adubação básica no sulco com 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 40 kg ha⁻¹ de K₂O, respectivamente, nas formas de superfosfato simples e cloreto de potássio.

Em 21/11/90 e 24/01/92, retiraram-se por meio de trado de rosca 12 subamostras de solo nas entrelinhas de cada parcela para compor uma amostra composta da camada de 0-20 cm. Nas amostras coletadas, foram determinados o pH, os cátions trocáveis e o H + Al, segundo Raj & Quaggio (1983).

A coloração verde nas folhas foi avaliada por meio de aparelho clorofilômetro, modelo SPAD 501 da Minolta, aos 50 e 75 dias da emergência das plantas do primeiro cultivo (1990/91) e aos 45 dias da emergência das plantas do segundo cultivo (1991/92). Foram realizadas trinta leituras por subsubparcela, efetuando-se uma leitura por planta na terceira folha a partir do ápice. A concentração de clorofila (\hat{y}) foi estimada de acordo com a equação $\hat{y} = 0,0996x - 0,152$ ($R^2 = 0,664^{**}$), relacionando-se leituras do aparelho com o teor de clorofila determinado pelo método de Barnes et al. (1992). Análises de nitrogênio nessas amostras de folhas foram realizadas por meio de digestão sulfúrica e a determinação do nitrogênio pelo método semimicrokjeldahl, descrito por Malavolta et al. (1989).

A avaliação da produtividade de vagens foi realizada aos 110 e 100 dias da emergência, no 1º e 2º cultivo, respectivamente, colhendo-se manualmente as plantas.

A análise de variância seguiu o modelo em parcelas subdivididas, tendo-se comparado as médias pelo teste de Tukey a 5%. No caso de interações significativas, realizou-se desdobramento.

Mediante análises de regressão por polinômios ortogonais, ajustaram-se equações de regressão aos dados de produção de vagens e grãos, considerando a concentração estimada de clorofila nas folhas e a concentração de clorofila em função do teor de nitrogênio. Foram analisadas apenas as regressões de maior coeficiente de determinação significativo a 5%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dois meses após a aplicação do calcário, ocasião da emergência das plântulas do primeiro cultivo (1990/91), o corretivo já havia aumentado os valores de pH e a saturação por bases, bem como os teores de cálcio e magnésio (Quadro 1). Entretanto, a calagem não elevou a saturação por bases do solo para os valores planejados. Esse efeito perdurou até os 16 meses após a aplicação do calcário, época que coincidiu com a fase de enchimento dos grãos do segundo cultivo (1991/92).

No primeiro cultivo (1990/91), 50 dias após a emergência, houve aumento significativo da concentração de clorofila proporcionado pela calagem e pelo tratamento de sementes com Mo e Co + Mo (Quadro 2). Os efeitos dos tratamentos foram ainda mais pronunciados 75 dias após a emergência, tendo ocorrido interação significativa de doses de calcário e tratamento de sementes. A calagem aumentou a concentração de clorofila nas folhas somente na ausência de molibdênio. Quando o molibdênio foi aplicado de forma isolada ou junto com o cobalto, esse efeito da calagem praticamente desapareceu. Por outro lado, a aplicação de Mo e Co + Mo somente proporcionou aumento na concentração de clorofila nas doses 0 e 4 t ha⁻¹ de calcário, ou seja, em condições de maior acidez do solo.

Resultados semelhantes também foram observados no segundo cultivo (1991/92), em avaliação realizada 45 dias após a emergência. Ressalte-se que a aplicação de molibdênio somente proporcionou aumento de clorofila nas folhas (Quadro 2) em pH (CaCl_2) do solo inferior a cerca de 4,8 (Quadro 1). É importante destacar que o pH do solo é um dos fatores de maior influência na disponibilidade de molibdênio. Siqueira & Velloso (1978) verificaram que a disponibilidade de molibdênio foi influenciada pela sua adsorção em solos com pH baixo. A máxima adsorção foi observada em pH (H_2O) em torno de 4,0, sendo reduzida com a elevação do pH, tornando-se muito pequena acima de pH (H_2O) 6,0. O aumento de clorofila nas folhas de amendoim proporcionado pela calagem também foi observado por Caires (1990).

No presente trabalho, o cobalto aplicado de forma isolada não influenciou a concentração de clorofila. Entretanto, Raj (1987) verificou aumento de clorofila com aplicação de cobalto no amendoim.

Quadro 1. Características químicas de amostras de solo da camada arável, coletadas nas entrelinhas do amendoim, cerca de dois meses (1990/91) e dezesseis meses (1991/92) após a aplicação do calcário

Calcário	pH (CaCl ₂)	H + Al	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	V
t ha ⁻¹			mmol _c dm ⁻³			%
1990 / 91						
0	4,0a ⁽¹⁾	77,0c	6,0a	4,0a	1,4a	13a
4	4,8b	37,7b	18,0b	16,0b	1,3a	48b
6	5,2b	31,3b	24,0b	18,0b	1,3a	58c
8	5,7c	24,0a	36,0c	28,0c	1,1a	73d
1991 / 92						
0	4,0a	88,0c	5,0a	5,0a	1,7a	12a
4	4,6b	50,7b	13,0ab	13,0b	1,8a	35b
6	5,1c	37,7ab	24,0bc	20,0c	2,2a	55c
8	5,6d	26,7a	35,0c	21,0c	1,7a	68c
C.V. (%) 1990/91	2,96	5,59	15,18	10,74	29,38	6,10
C.V. (%) 1991/92	3,09	16,94	24,96	12,93	19,51	11,71

⁽¹⁾ Letras iguais, nas colunas, dentro de cada ano de cultivo, não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5%.

Quadro 2. Concentração de clorofila nas folhas de amendoim em função da calagem e da aplicação de cobalto e molibdênio, aos 50 e 75 dias da emergência do primeiro cultivo (1990/91) e aos 45 dias da emergência do segundo cultivo (1991/92)

Calcário	Tratamento de sementes				Média ⁽¹⁾
	T	Co	Mo	Co + Mo	
t ha ⁻¹	Clorofila, mg dm ⁻²				
1990/91					
50 DAE					
0	3,63	3,65	3,98	3,90	3,79A
4	3,91	3,85	3,96	4,00	3,93B
6	3,98	4,00	4,05	4,08	4,03B
8	4,01	4,01	4,08	4,08	4,04B
Média	3,88a	3,88a	4,02b	4,01b	
75 DAE					
0	3,20Aa	3,28Aa	4,01Ab	3,96Ab	3,61
4	3,85Bab	3,70Ba	4,06Abc	4,18Ac	3,95
6	3,93Ba	3,98BCa	4,10Aa	4,03Aa	4,01
8	4,06Ba	4,03Ca	4,20Aa	4,08Aa	4,09
Média	3,76	3,75	4,09	4,06	
1991/92					
45 DAE					
0	4,25Aab	4,11Aa	4,50Ac	4,43Abc	4,32
4	4,48ABab	4,35ABa	4,65Abc	4,71Ac	4,55
6	4,65Ba	4,55Ba	4,66Aa	4,73Aa	4,65
8	4,66Ba	4,66Ba	4,68Aa	4,71Aa	4,68
Média	4,51	4,42	4,62	4,64	

⁽¹⁾ Letras minúsculas iguais, nas linhas, ou maiúsculas iguais, nas colunas, dentro de cada ano de cultivo, não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5%.

Observaram-se correlações positivas entre o teor de nitrogênio e a concentração de clorofila nas folhas dos cultivares "Tatu" e "Tupã" (Figura 1). O aumento da concentração de clorofila nas folhas deveu-se, em grande parte, ao aumento do teor de nitrogênio, certamente ocasionado por maior atividade da nitrogenase que depende da disponibilidade de molibdênio. Dessa forma, a calagem, na ausência de aplicação de molibdênio, propicia acréscimo nos teores de nitrogênio decorrente da maior mineralização do N no solo ou do aumento da disponibilidade de molibdênio, ocasionando aumento na concentração de clorofila nas folhas. Em condições de maior acidez do solo, a aplicação de molibdênio nas sementes exerce efeito semelhante.

A produção de vagens e grãos dos cultivares "Tatu" e "Tupã", no cultivo de 1991/92, aumentou com a clorofila (Figura 2). Para o cultivar "Tatu", esse aumento foi linear. No caso do cultivar "Tupã", de acordo com a equação ajustada, a maior produção de vagens e grãos foi obtida para concentração de clorofila nas folhas de 4,6 mg dm⁻². Deve-se ressaltar que, na cultura do amendoim, a calagem pode aumentar o crescimento da parte aérea das plantas, sem causar alteração no desenvolvimento da parte frutífera (Caires & Rosolem, 1996). Considerando que os cultivares "Tatu" e "Tupã" apresentam padrões de crescimento diferenciados (Caires & Rosolem, 1996), a redução observada na produção do cultivar "Tupã", quando a concentração de clorofila nas folhas foi superior a 4,6 mg dm⁻², pode ter sido ocasionada por um intenso crescimento da parte aérea em detrimento da produção de vagens e grãos.

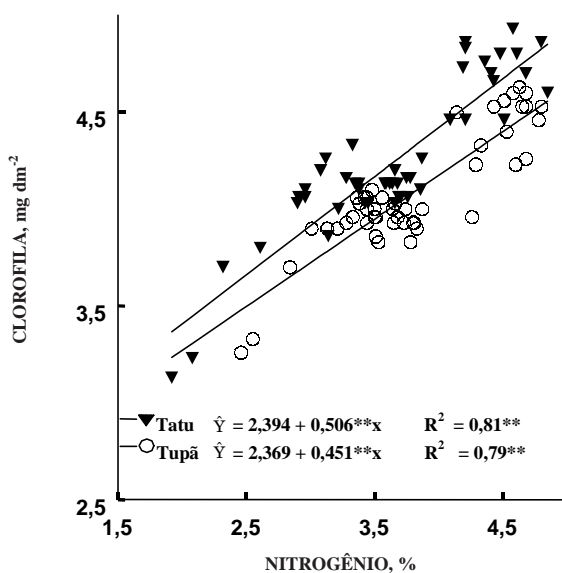


Figura 1. Relações entre o teor de nitrogênio e a concentração de clorofila nas folhas de cultivares de amendoim. ** Significativo a 1%.

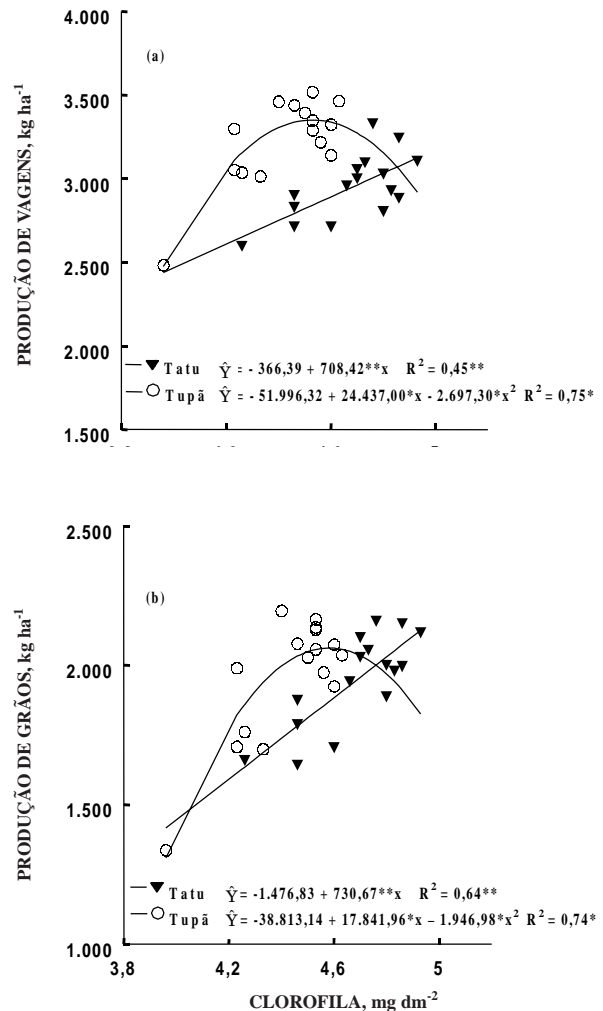


Figura 2. Relações entre a produção de vagens(a) e de grãos(b) e a concentração de clorofila nas folhas dos cultivares de amendoim no segundo cultivo, 1991/92. ** Significativo a 1% * Significativo a 5%.

Apesar de Caires & Rosolem (1995) não terem observado aumento de produção de amendoim com a aplicação de molibdênio, com base nos resultados obtidos neste trabalho (Quadro 2, Figuras 1 e 2), pode-se inferir que a baixa disponibilidade de molibdênio em solos ácidos se configura como fator limitante à fixação de nitrogênio e produção de amendoim.

CONCLUSÕES

1. Em condições de elevada acidez do solo, a aplicação de molibdênio nas sementes aumentou a concentração de clorofila nas folhas de amendoim, com efeito semelhante ao da calagem na ausência de molibdênio.

2. A concentração de clorofila correlacionou-se positivamente com o teor de nitrogênio nas folhas dos cultivares "Tatu" e "Tupã" de amendoim.

3. A máxima produção de vagens e grãos do cultivar "Tupã" foi obtida para concentração de clorofila nas folhas de 4,6 mg dm⁻².

LITERATURA CITADA

- AHMED, S. & EVANS, H.J. Cobalt: a micronutrient element for growth of soybean under symbiotic conditions. *Soil Sci.*, 90:205-210, 1960.
- BARNES, J.D.; BALGUER, L.; MANRIQUE, E.; ELVIRA, S. & DAVISON, A.W. A reappraisal of the use of DMSO for the extraction and determination of chlorophylls a and b in lichens and higher plants. *Environ. Exper. Botany*, 32:85-100, 1992.
- BLAMEY, F.P.C. Acid soil infertility effects on peanut yields and yield components. *Comm. Soil Sci. Plant Anal.*, 14:373-386, 1983.
- BLAMEY, F.P.C. & CHAPMAN, J. Soil ameriolation effects on peanut growth, yield and quality. *Plant Soil*, 65:319-334, 1982.
- CAIRES, E.F. Resposta diferencial de genótipos de amendoim (*Arachis hypogaea* L.) à calagem. Botucatu, Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, 1990. 114p. (Tese de Mestrado)
- CAIRES, E.F. & ROSOLEM, C.A. Root growth of peanut cultivars and soil acidity. *Plant-Soil interactions at low pH*. Berkeley, USDA, 1991. p.239-243.
- CAIRES, E.F. & ROSOLEM, C.A. Calagem em genótipos de amendoim. *R. Bras. Ci. Solo*, 17:193-202, 1993.
- CAIRES, E.F. & ROSOLEM, C.A. Calagem e aplicação de cobalto e molibdênio na cultura do amendoim. *Bragantia*, 54:361-370, 1995.
- CAIRES, E.F. & ROSOLEM, C.A. Efeitos da calagem sobre o índice de área foliar e a acumulação de matéria seca em genótipos de amendoim. *Científica*, 24:115-126, 1996.
- COLWELL, W.E. & BRADY, N.C. The effect of calcium on yield and quality of large-seeded type peanuts. *J. Am. Soc. Agron.*, 37:413-428, 1945a.
- COLWELL, W.E. & BRADY, N.C. The effect of calcium on certain characteristics of peanut fruit. *J. Am. Soc. Agron.*, 37:696-708, 1945b.
- LOWE, R.H. & EVANS, H.J. Cobalt requeriment for the growth of Rhizobia. *J. Bacteriol.*, 83:210, 1962.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C. & OLIVEIRA, S.A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. Piracicaba, Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1989. 201p.
- QUAGGIO, J.A.; SILVA, N.M. & BERTON, R.S. Culturas oleaginosas. In: FERREIRA, M.E. & CRUZ, M.C.P., eds. *Micronutrientes na agricultura*. Piracicaba, Potafos/CNPq, 1991. p.445-484.
- RAIJ, B. van & QUAGGIO, J.A. Métodos de análise do solo para fins de fertilidade. Campinas, Instituto Agronômico, 1983. 31p.
- RAJ, A.S. Cobalt nutrition of pigeonpea and peanut in relation to growth and yield. *J. Plant Nutr.*, 10:2137-2145, 1987.
- ROSOLEM, C.A.; PEREIRA, H.F.M.; BESSA, A.M. & AMARAL, P.G. Nitrogen in soil and cotton growth as affected by liming and N fertilizer. In: *INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON PLANT-SOIL INTERACTIONS AT LOW pH, 2.*, Berkeley, 1990. Abstracts. Berkeley, USDA, 1990. p.95.
- SIQUEIRA, C. & VELLOSO, A.C. Adsorção de molibdato em solos sob vegetação de cerrado. *R. Bras. Ci. Solo*, 2:24-28, 1978.
- WALKER, M.E. Calcium requeriments for peanuts. *Comm. Soil Sci. Plant Anal.*, 6:299-313, 1975.
- WALKER, M.E., MULLINIX Jr.; B.G. & KEISLING, T. C. Calcium level in the peanut fruiting zone as influenced by gypsum particle size and application rate and time. *Comm. Soil Sci. Plant Anal.*, 12:427-439, 1981.