

EFEITO DE FUNGOS MVA E FÓSFORO NA NUTRIÇÃO DO LIMOEIRO 'CRAVO', PÓS-REPICAGEM¹

EVELINE FÁTIMA DE OLIVEIRA SOUZA², MAURÍCIO DE SOUZA³ e ELIZABETH DE OLIVEIRA⁴

RESUMO - O presente trabalho teve como objetivo verificar os efeitos da infecção com fungos MVA, fontes e doses de P nos teores de nutrientes do limoeiro 'Cravo' pós-repicagem. Foi utilizado o delineamento experimental em blocos casualizados com esquema fatorial (3 x 2 x 4) e três repetições, sendo três condições de inoculação (*Glomus clarum*, *Acaulospora morrowae* e controle sem inóculo); duas fontes de P (Superfosfato simples e apatita de Araxá), em quatro doses (0, 0,32, 0,65 e 1,3t P₂O₅/ha). Os fungos micorrízicos não influenciaram a absorção de nutrientes da planta. O superfosfato simples mostrou-se superior à apatita de Araxá apenas quanto à absorção de Ca, aumentando-se em 9,3% na matéria seca das plantas. Doses crescentes de P₂O₅ diminuíram os teores de B e Zn em 9,64 e 18,80%, respectivamente.

Termos para indexação: adubação fosfatada, fungos endomicorrízicos.

EFFECTS ON VAM FUNGI AND PHOSPHORUS ON THE NUTRITION OF RANGPUR LIME AFTER TRANSPLANTING

ABSTRACT - The objective of this study was to verify the effects of VAM fungi inoculation and sources and doses of phosphorus on the nutrients amounts of Rangpur Lime, after transplanting. The experimental design was a complete randomized block in a 3 x 2 x 4 factorial design with three replications: three inoculation conditions (*Glomus clarum*, *Acaulospora morrowae* and the control); two sources of phosphorus and four amounts from each. Mycorrhizal fungi did not affect nutrients uptake by the plant. Simple superphosphate showed to be superior than Araxá apatite concerning only to Ca uptake, increasing it 9.3% in the plant dry matter. Increasing doses of P₂O₅ reduced the amounts of B and Zn by 9.64% and 18.80%, respectively.

Index terms: phosphate fertilizer, endomicorrhizal fungi.

INTRODUÇÃO

A propagação das plantas cítricas é feita através de mudas enxertadas. Na obtenção do porta-enxerto, são necessárias corretas fertilizações, para um maior crescimento em um menor espaço de tempo. Um dos nutrientes mais importantes durante o crescimento inicial é o fósforo (P), pois estimula o desenvolvimento do sistema radicular (Black 1968).

Os vários fertilizantes fosfatados existentes no mercado diferem basicamente quanto à sua concentração e solubilidade. O superfosfato simples é um dos mais solúveis, sendo obtido pelo tratamento com ácido sulfúrico da rocha fosfática moída. Entretanto, devido ao alto custo de importação deste ácido, é extremamente importante investigar a substituição desses fosfatos solúveis por fontes naturais, como as apatitas, que se encontram em extensas jazidas pelo País (Oliveira et al. 1984).

A aplicação de adubos fosfatados promove alterações nos processos de absorção e translocação de vários nutrientes na planta. No caso do cálcio (Ca), ocorre um aumento no seu teor, devido à sua presença na maioria dos adubos fosfatados, e, conseqüentemente, uma redução no teor de potássio (K), pela inibição competi-

¹ Aceito para publicação em 20 de janeiro de 1992.

Extraído da tese apresentada pela primeira autora à ESAL para obtenção do grau de Mestre em Agronomia - Área de Concentração Fitotecnia.

² Enga. - Agra., M.Sc., Dep. de Agric. da ESAI., Caixa Postal 37, CEP 37200 Lavras, MG.

³ Eng. - Agr., Dr., Prof. - Titular, Dep. de Agric. da ESAL.

⁴ Enga. - Agra., Dep. de Fitos. ESAL, Lavras, MG.

tiva entre os dois elementos (Bueno 1984, Carvalho 1987, Nicoli 1982 e Silva 1981).

Um aumento nas doses de P_2O_5 , promove uma menor absorção de Nitrogênio (N), Boro (B), Cobre (Cu), Zinco (Zn), o que pode ser atribuído principalmente ao efeito de diluição desses nutrientes nos tecidos das plantas (Bueno 1984, Carvalho 1987 e Malavolta 1980).

A maioria dos solos brasileiros apresenta baixa disponibilidade de P e alto poder de fixação deste nutriente. Devido a isto, as plantas aproveitam apenas 5-20% do adubo fosfatado que é fornecido em um dado ano agrícola (Malavolta 1980). Uma das técnicas para aumentar o aproveitamento deste nutriente é a infecção com fungos micorrízicos vesicular-arbusculares (MVA). Estes fungos do solo se associam às raízes e passam a exercer a função dos pelos radiculares, aumentando a absorção de nutrientes (Zambolim & Siqueira 1985).

Em condições de campo, onde o solo não é esterilizado e ocorre a livre competição com outros microrganismos e fungos MVA nativos, os resultados da aplicação dessa associação ainda são desconhecidos.

O objetivo do presente estudo foi verificar os efeitos da infecção com fungos MVA, fontes e doses de P, nos teores de nutrientes do limoeiro 'Cravo', em viveiro.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido durante o período de março a dezembro de 1987 em área experimental da Escola Superior de Agricultura de Lavras, Minas Gerais.

Foram utilizados limoeiros 'Cravo' (*Citrus limonia* Osbeck) em ponto de repicagem, obtidos em casa de vegetação, infectados ou não com os fungos micorrízicos *Glomus clarum* Nicolson & Schenck e *Acaulospora morrowae* Spain & Schenck. Os limoeiros na etapa de sementeira foram cultivados em substrato comercial Plantmax e fizeram a parte experimental que se prestou para a dissertação de Camargo (1989). As plantas foram repicadas para um Latossolo Roxo, anteriormente sob cerrado, e o P foi fornecido através do superfosfato simples e apatita de Araxá nas doses de 0, 0,32, 0,65, 1,31 P_2O_5 /ha no sulco de plantio.

Utilizou-se o delineamento experimental em blocos casualizados com esquema fatorial (3 x 2 x 4) e três repetições, sendo três tratamentos de inoculação e duas fontes de P em quatro doses cada. A parcela foi constituída de 16 plantas divididas em quatro fileiras no espaçamento de 1 m entre linhas e 30cm entre plantas, sendo as quatro plantas centrais consideradas úteis.

No mês anterior à instalação do experimento, foi feito o preparo do solo com aração e gradagem, e os sulcos foram abertos com 40 cm de profundidade, aplicando-se o fertilizante fosfatado correspondente a cada tratamento.

Foram feitas repicagens das plantas quando estas atingiram 10 cm do colo à gema apical, conduzindo-se em haste única através de desbrotas freqüentes e tratos culturais normais para viveiro. Utilizou-se nitrato de potássio (KNO_3) a 0,6% como fonte de N em todos os tratamentos, sendo aplicado em cobertura.

Quando 80% das plantas atingiram o ponto de enxertia, 1 cm de diâmetro à altura de 15 cm do solo, foram desplantadas para avaliações dos teores de nutrientes na matéria seca total e da taxa de colonização micorrízica nas raízes.

As plantas foram lavadas em água corrente, acondicionadas em sacos de papel e colocadas em estufa com aeração forçada a 70°C até obtenção do peso constante. Após a secagem, foram moídas, para determinação dos teores de N, P, K, Ca, Mg, B, Cu, Mn e Zn na matéria seca total, seguindo-se a metodologia descrita por Sarruge & Haag (1974).

Para determinação da taxa de colonização, amostras de 500 mg de raízes foram conservadas em FAA (13 ml de formalina + 200 ml de etanol 50% + 5 ml de ácido acético glacial), clarificadas em KOH a 10% e coradas com azul tripano, seguindo-se a metodologia descrita por Phillips & Hayman (1970). A porcentagem do comprimento das raízes colonizadas foi determinada pelo método da placa quadriculada, de acordo com Giovannetti & Mosse (1980).

Amostras de solo foram retiradas em cada parcela e submetidas à técnica do peneiramento úmido (Gerdemann & Nicolson 1963), em peneiras com 0,710 e 0,053 mm de abertura das malhas, e o material retido nestas foi centrifugado por três minutos em água e dois minutos em solução de sacarose 50%, para extração dos esporos presentes.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve efeito da inoculação com os fungos MVA nos teores de nutrientes na matéria

seca total dos limoeiros (Tabela 1). O solo não esterilizado propiciou a colonização das plantas-controles por fungos nativos, o que sugere sua eficiência no aproveitamento dos nutrientes avaliados.

A resposta positiva da inoculação com fungos micorrízicos depende da quantidade e qualidade dos endófitos nativos em solo não esterilizado. Portanto, antes da inoculação é necessário conhecer a efetividade dos fungos nativos (Sasa & Zahka 1983).

As espécies de fungos MVA presentes nas raízes das plantas não puderam ser identificadas, devido à ausência de esporos nas amostras. Uma possível explicação para esse fato é que os fungos MVA são dependentes do ciclo das plantas para esporulação. Sendo o limoeiro uma planta perene, o seu estado fisiológico determinante da produção de esporos pode necessitar de maior período de tempo em relação ao

TABELA 1. Médias dos teores de nutrientes na matéria seca total dos limoeiros 'Cravo' por tratamento de inoculação e fontes de P, ESAL, Lavras, 1989.

Nutrientes (%)	Fontes de P*	Tratamento de inoculação		
		Não infectado	<i>Glomus clarum</i>	<i>Acaulospora morrowae</i>
N	SS	0,90	0,98	0,92
	AA	0,94	0,88	0,91
P	SS	0,14	0,11	0,11
	AA	0,11	0,11	0,10
K	SS	0,69	0,85	0,75
	AA	0,76	0,80	0,80
Ca	SS	1,41	1,46	1,33
	AA	1,30	1,34	1,23
Mg	SS	0,13	0,12	0,12
	AA	0,12	0,12	0,11
S	SS	25,56	26,28	25,86
	AA	25,82	25,89	25,86
Cu	SS	8,08	11,70	7,71
	AA	10,21	8,77	11,23
Mn	SS	10,53	11,39	10,22
	AA	10,47	12,01	10,59
Zn	SS	14,90	14,53	14,75
	AA	14,36	15,75	15,06

* Fontes de P = Superfosfato simples (SS) e apatita de Araxá (AA).

que acontece com as plantas anuais. As raízes que vão surgindo tornam-se infectadas pelo micélio de outras raízes antes que ocorra a esporulação. Outra hipótese é que, como a esporulação é afetada pela temperatura, aeração, umidade do solo e disponibilidade de nutrientes, qualquer desses fatores estaria afetando e impedindo a esporulação dos fungos MVA (Siqueira & Franco 1988).

Houve diferença significativa entre as fontes de P utilizadas apenas para o Ca, que teve um aumento com o uso do superfosfato simples (SS) (Tabela 2). Isto confirma os resultados obtidos por outros autores em condições de sementeira (Camargo 1989, Carvalho 1987, Nicoli 1982 e Silva 1981). O aumento é atribuído à presença do Ca naquele fertilizante em forma disponível às plantas. Embora a apatita de Araxá (AA) tenha maior teor de Ca que o SS, esse nutriente não está prontamente disponível para as plantas, o que explica menores teores quando utilizada aquela fonte.

Com relação às doses de P_2O_5 , houve efeito apenas para os teores de B e Zn na matéria seca total dos limoeiros (Fig. 1). Verificou-se um decréscimo linear na concentração de ambos os nutrientes, à medida que as doses de P_2O_5 foram

TABELA 2. Médias por doses de superfosfato simples (SS) e apatita de Araxá (AA) dos teores de N, P, K, Ca e Mg na matéria-seca total dos limoeiros 'Cravo'. ESAL, Lavras, 1989.

Nutrientes (%)	Fontes de P	Doses (t P_2O_5 /ha)				Médias
		0	0,32	0,65	1,3	
N	SS	0,90	0,88	0,98	0,98	0,94A
	AA	0,96	0,90	0,88	0,90	0,91A
P	SS	0,16	0,10	0,11	0,11	0,12A
	AA	0,12	0,12	0,10	0,11	0,11A
K	SS	0,78	0,72	0,78	0,78	0,76A
	AA	0,79	0,75	0,82	0,78	0,79A
Ca	SS	1,30	1,33	1,53	1,49	1,41A
	AA	1,34	1,25	1,23	1,34	1,29B
Mg	SS	0,12	0,13	0,13	0,12	0,13A
	AA	0,13	0,12	0,11	0,12	0,12A

Para cada nutriente, as médias seguidas pela mesma letra não diferem pelo teste F ao nível de 5%.

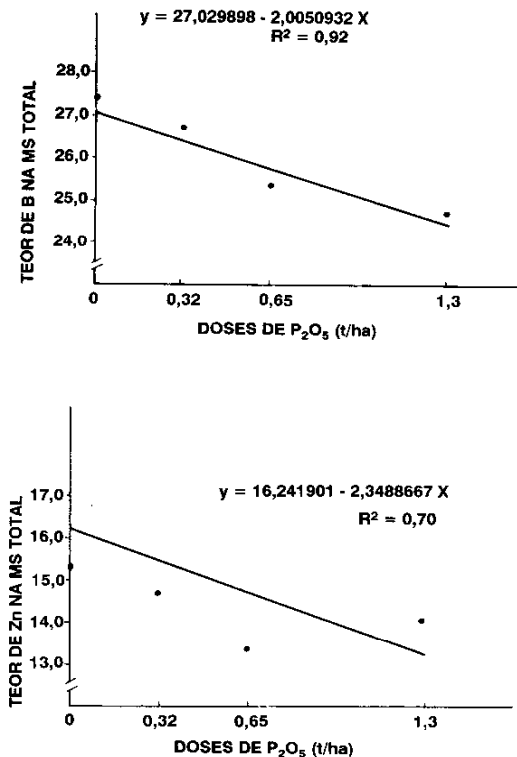


FIG. 1. Equações de regressão para os teores de B e Zn na matéria seca total dos limoeiros 'Cravo' em relação às doses de P_2O_5 utilizadas. ESAL, Lavras, 1990.

aumentadas, seja devido à diluição dos nutrientes na planta ou à inibição competitiva no solo, no caso do B e a uma interação P-Zn, no caso do Zn, conforme sugeriu Olsen et al. (1977).

Para os teores de N, P, K e Mg não se constataram efeitos significativos da aplicação de diferentes doses de P_2O_5 . Para N, Camargo (1989) e Lira (1990) obtiveram resultados semelhantes.

A base de determinação, matéria seca total, pode ter sido responsável pela não-resposta das doses de P_2O_5 nos teores de P, e, por consequência, nos teores de Mg (Bueno 1984, Camargo 1989, Carvalho 1987 e Lira 1990).

As aplicações em cobertura de KNO_3 eliminaram o esperado efeito antagônico causado pela concentração elevada de Ca na fonte de P_2O_5 usada.

Não foram constatadas diferenças nos teores de Cu e Mn na matéria seca das plantas, com adição de doses crescentes de P_2O_5 ao solo, o que concorda com os trabalhos desenvolvidos por Camargo (1989), Carvalho (1987) e Lira (1990) para o mesmo porta-enxerto. Este resultado indica que o solo utilizado possuía elevados teores de Cu e Mn. Por outro lado, Camargo (1989) e Nicoli (1982) encontraram aumentos nos teores de Mn dos limoeiros 'Cravo' em sementeira utilizando AA. Este adubo, segundo Franco (1977), possui 0,042% de Mn.

A equação de regressão está apresentada na Fig. 1, sendo de natureza linear, estimando decréscimos de 2,34 ppm para cada t de P_2O_5 aplicada ao solo.

Não houve efeito da infecção com fungos MVA e das fontes de P utilizadas na taxa de colonização micorrízica nas raízes dos limoeiros (Tabela 3). Como o solo não foi esterilizado, os fungos nativos colonizaram as raízes das plantas que não haviam sido previamente inoculadas.

Com relação às doses de P_2O_5 , a equação de regressão para as taxas de colonização micorrízica nas raízes encontra-se na Fig. 2. A equação é de natureza quadrática, estimando uma mínima colonização micorrízica de 56,67% com a dose 0,73 t P_2O_5 /ha aplicada ao solo.

TABELA 3. Valores médios das taxas de colonização micorrízica nas raízes dos limoeiros 'Cravo' por tratamento de inoculação e fontes de P. ESAL, Lavras, 1989.

Fontes de P	Tratamentos de inoculação			Médias
	Não infectado	<i>Glomus clarum</i>	<i>Acaulospora morrowae</i>	
Superfosfato simples	58,74	58,92	60,74	59,46a
Apatita de Araxá	62,73	57,74	58,41	59,62a
Médias	60,73A	58,33A	59,57A	59,54

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem pelo teste F ao nível de 5%.

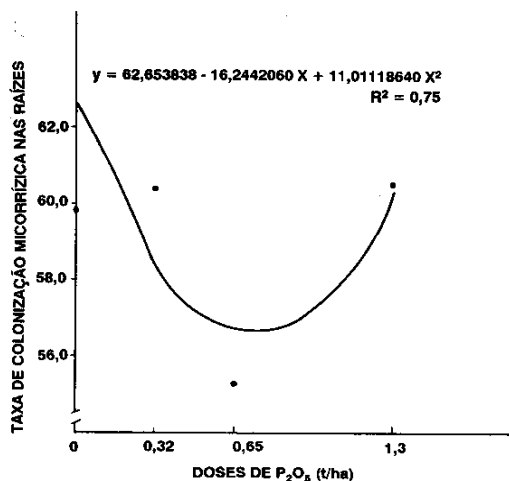


FIG. 2. Equação de regressão para as taxas de colonização micorrízica nas raízes de limoeiros 'Cravo', em relação às doses de P₂O₅ utilizadas. ESAL, Lavras, 1990.

A disponibilidade de P no solo, constitui um dos mais importantes fatores edáficos que afetam as MVA. O efeito inibitório na taxa de colonização micorrízica causado por altas doses de P₂O₅ pode ser explicado a partir da hipótese de Siqueira et al. (1984), de que o P controla o grau de colonização das raízes através do metabolismo de carboidratos da planta hospedeira. Entretanto, as doses de P₂O₅ consideradas inibitórias são dependentes de características inerentes à espécie de fungo, às plantas hospedeiras e ao substrato utilizado (Siqueira & Franco 1988 e Sylvia & Schenck 1983).

Na rizosfera das plantas estavam presentes os fungos introduzidos e os nativos, não sendo possível determinar as espécies que estavam colonizando as raízes. Assim, é possível que até a dose 0,65 t P₂O₅/ha as espécies de fungos que estavam colonizando as raízes tiveram sua colonização reduzida pelo aumento nas doses de P₂O₅. A partir daí, outras espécies nativas, mais adaptadas aos altos teores de P no solo, podem ter novamente aumentado as taxas de colonização das raízes. Algumas espécies de fungos MVA são mais tolerantes e podem mesmo ser estimuladas por altas doses de P₂O₅ no solo (Mosse citada por Zambolim & Siqueira 1985).

A taxa de colonização micorrízica nas raízes das plantas adubadas com diferentes fontes de P está de acordo com os resultados obtidos por Camargo (1989) para o mesmo porta-enxerto em sementeira. Isso reforça a idéia da utilização das MVA, visando aumentar a eficiência de rochas fosfatadas, já estudadas por Siqueira & Franco (1988). Segundo estes autores, as MVA podem promover um maior desenvolvimento das plantas quando se usa fosfato de baixa solubilidade. Uma explicação para isto é que, como os micélios aumentam a área de contato com as superfícies onde os íons fosfatos estão se dissociando quimicamente, mais íons devem se dissociar, para que se restaure o equilíbrio da solução. Em solos com alta capacidade de fixação de P, como os solos sob cerrado, a exploração das MVA associadas com fosfatos naturais apresenta-se como alternativa para a economia da produção agrícola, bastando para isto um correto manejo dessa associação.

CONCLUSÕES

1. Os fungos micorrízicos *Glomus clarum* e *Acaulospora morrowae* não influenciaram os teores de nutrientes absorvidos pelos limoeiros 'Cravo', pós-repicagem.
2. O superfosfato simples apresentou diferença em relação a apatita de Araxá apenas quanto ao Ca, aumentando em 9,3% a absorção pelas plantas.
3. Doses crescentes de P₂O₅ aplicadas ao solo promoveram diminuição nos teores de B e Zn da matéria seca total das plantas, em 9,64% e 18,80%, respectivamente.
4. Mesmo utilizando-se o Latossolo Roxo com nível baixo de P, não houve efeito da aplicação de adubos fosfatados no teor deste nutriente na matéria seca das plantas.
5. As médias dos teores de nutrientes na matéria seca total das plantas, nove meses pós-repicagem, foram as seguintes: N - 0,92%; P - 0,11%; K - 0,77%; Ca - 1,35%; Mg - 0,12%; B - 25,88 ppm; Cu - 9,61 ppm; Mn - 10,86 ppm; Zn - 14,89 ppm.

REFERÊNCIAS

- BLACK, C.A. *Soil-plant relationships*. New York: John Wiley & Sons, 1968. 792p.
- BUENO, D.M. Efeito do superfosfato triplo no crescimento inicial de porta-enxertos de citros em diferentes tipos de solos. Lavras: ESAL, 1984. 176p. Tese de Mestrado.
- CAMARGO, J.P. Efeitos de doses, fontes de fósforo e de fungos micorrízicos sobre o limoeiro 'Cravo' até a repicagem. Lavras: ESAL, 1989. 104p. Tese de Mestrado.
- CARVALHO, S.A. Métodos de aplicação do superfosfato simples e do calcário dolomítico no limoeiro 'Cravo' em sementeira. Lavras: ESAL, 1987. 124p. Tese de Mestrado.
- FRANCO, M. Fosfatos naturais parcialmente acidificados com H_3PO_4 , HCl e H_2SO_4 na cultura de sorgo granífero (*Sorghum bicolor* (L. Moench) em um solo de cerrado de Ituiutaba, MG. Viçosa: UFV, 1977. 73p. Tese de Mestrado.
- GERDEMANN, J.W.; NICOLSON, T.H. Spores of mycorrhizal *Endogone* species extracted from soil by wet sieving and decanting. *Transactions of the British Mycological Society*, v.46, p.235-244, 1963.
- GIOVANNETTI, M.; MOSSE, B. An evaluation of techniques for measuring vesicular-arbuscular mycorrhizal infection in roots. *New Phytologist*, v.84, n.3, p.489-500, 1980.
- LIRA, L.M. Efeito de substratos e do superfosfato simples no limoeiro (*Citrus limonia* Osbeck) cv. Cravo até a repicagem. Lavras: ESAL, 1990. 86p. Tese de Mestrado.
- MALAVOLTA, E. *Elementos de nutrição mineral de plantas*. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. 251p.
- NICOLI, A.M. Influência de fontes e níveis de fósforo no crescimento e nutrição mineral do limoeiro 'Cravo' (*Citrus limonia* Osbeck) em vasos até a repicagem. Lavras: ESAL, 1982. 103p. Tese de Mestrado.
- OLIVEIRA, E.L.; MUZILLI, O.; IGUE, K.; TORNERO, M.T.T. Avaliação da eficiência agrônômica de fosfatos naturais. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, v.8, n.1, p.63-68, 1984.
- OLSEN, S.R.; BOWMAN, R.A.; WATANABE, F.S. Behavior of phosphorus in the soil and interactions with other nutrients. *Phosphorus in Agriculture*, v.31, n.70, p.31-46, 1977.
- PHILLIPS, J.R.; HAYMAN, D.S. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Transactions of the British Mycological Society*, v.55, n.1, p.158-160, 1970.
- SARRUGE, J.R.; HAAG, H.P. *Análises químicas em plantas*. Piracicaba: ESALQ, 1974. 56p.
- SASA, M.; ZAHKA, G. The effect of pretransplant inoculation with VA mycorrhizal fungi on the subsequent growth of leeks in the field. *Plant and Soil*, v.97, n.2, p.279-283, 1983.
- SILVA, J.U.B. Efeito de superfosfato simples e de seus nutrientes principais no crescimento do limoeiro 'Cravo' (*Citrus limonia* Osbeck) em vasos até a repicagem. Lavras: ESAL, 1981. 100p. Tese de Mestrado.
- SIQUEIRA, J.O.; FRANCO, A.A. *Biotecnologia do solo: fundamentos e perspectivas*. Brasília: MEC-ESAL-FAEPE-ABEAS, 1988. 235p.
- SIQUEIRA, J.O.; HUBBELL, D.H.; VALLE, R.R. Effects of phosphorus on formation of the vesicular-arbuscular mycorrhizal symbiosis. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.19, n.12, p.1465-1474, 1984.
- SYLVIA, D.M.; SCHENCK, N.C. Application of superphosphate to mycorrhizal plants stimulates sporulation of phosphorus-tolerant vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. *New Phytologist*, v.95, n.4, p.655-661, 1983.
- ZAMBOLIM, L.; SIQUEIRA, J.O. *Importância e potencial das associações micorrízicas para a agricultura*. Belo Horizonte: EPAMIG, 1985. 36p. (Série Documentos, 26).