

DOSES E FONTES DE FÓSFORO E DE FUNGOS MICORRÍZICOS SOBRE A NUTRIÇÃO MINERAL DO LIMOEIRO 'CRAVO' ATÉ A REPICAGEM¹

IVO PEREIRA DE CAMARGO², MAURÍCIO DE SOUZA³,
JANICE GUEDES DE CARVALHO⁴ e ELIZABETH DE OLIVEIRA⁵

RESUMO - Com o objetivo de verificar o efeito de diferentes doses e fontes de fósforo e de fungos MVA sobre os teores de nutrientes do limoeiro 'Cravo', cultivado em sementeiras removíveis com substrato comercial até a repicagem foi conduzido um experimento em casa de vegetação, na Escola Superior de Agricultura de Lavras (ESAL), MG. Adotou-se o delineamento de blocos casualizados em esquema de parcelas subdivididas. Foram testados, nas parcelas, os tratamentos inoculados com os fungos micorrízicos *Acaulospora morrowae* e *Glomus clarum*, e os não-inoculados. As subparcelas foram compostas pelos tratamentos de doses e fontes de P₂O₅ em esquema fatorial, com dosagens de 0; 320; 640 e 1280 gramas de P₂O₅ por m³ de substrato, fornecidas através de superfosfato simples e apatita de Araxá. Doses crescentes de superfosfato simples proporcionaram aumentos lineares nos teores de P e Ca, enquanto para a apatita de Araxá houve aumentos lineares para os teores de Fe e Mn. O fungo *Acaulospora morrowae* proporcionou altas taxas de colonização micorrízica nas raízes e aumentos na absorção de P, K e Zn pelas plantas.

Termos para indexação: nutrientes, sementeiras, superfosfato simples, apatita, fungos MVA.

RATES AND SOURCES OF PHOSPHORUS AND MYCORRHIZAL FUNGI ON THE NUTRITION OF THE 'RANGPUR' LIME UNTIL TRANSPLANTING

ABSTRACT - This research was carried out at the Escola Superior de Agricultura de Lavras (ESAL), in Lavras, MG, Brazil. The objective was to study the effect of different rates and sources of phosphorus and inoculation with vesicular-arbuscular mycorrhizae (VAM) on the nutrition of 'Rangpur' lime, growing in seedlings until transplanting. The experimental design used was randomized blocks in split-plot scheme. The plots were composed by the inoculation treatments with the mycorrhizal fungi *Acaulospora morrowae*, *Glomus clarum* and a noninoculated control. The sub-plots were composed by the rates and sources of P₂O₅ in a factorial scheme with the rates of 0; 320; 640 and 1280 g of P₂O₅ by m³ of substrate and two sources of phosphorus fertilizers, the single superphosphate and the apatite of Araxá. Increasing the rates of single superphosphate, made higher concentration of P and Ca in the dry matter four months after sowing, in relation to use of apatite of Araxá. The fungus *Acaulospora morrowae* made higher rates of root colonization and higher absorption of P, K and Zn by the plants.

Index terms: VAM fungi, nutrients, seedbed, simple superphosphate, apatite.

INTRODUÇÃO

A cultura dos citros no Brasil tem relevada importância, e a qualidade das mudas cítricas é um dos fatores de que depende o sucesso dos cultivos comerciais.

No Brasil, a maioria das mudas cítricas tem sido produzida sobre porta-enxertos de limoeiro 'Cravo', por estes apresentarem características com ampla adaptação edafo-climática e

¹ Aceito para publicação em 21 de maio de 1990.

Extraído da dissertação apresentada pelo primeiro autor para obtenção do grau de Mestre.

² Eng. - Agr., M.Sc., Dep. de Agron. Universidade Federal do Mato Grosso (UFMT), Av. Fernando Corrêa s/nº, CEP 78000 Cuiabá, MT.

³ Eng. - Agr., Dr., Dep. Agric. ESAL, Caixa Postal 37, CEP 37200 Lavras, MG.

⁴ Enga. - Agr., Dra., Dep. de Ciências do Solo, ESAL.

⁵ Bióloga, M.Sc., Dep. Fitossanidade, ESAL.

compatibilidade com a maioria das copas (Moireira 1983). Em fase de sementeira, o crescimento de limoeiros 'Cravo' está diretamente relacionado com a adubação fosfatada, como demonstraram Silva (1981), Nicoli (1982) e Carvalho (1987), sendo observados também efeitos sobre os teores de nutrientes na matéria seca total das plantas.

A absorção de P pela maioria das plantas superiores é influenciada pela presença de micorrizas vesicular-arbusculares (MVA), associações mutualísticas formadas por fungos da família das Endogonaceae e as raízes das plantas (Lopes et al. 1983). Estas associações em plantas cítricas têm grande importância, dado que o seu sistema radicular é pobre em pêlos absorventes, o que as torna dependentes das MVA para absorção de nutrientes e para o crescimento (Mosse & Rayman 1980). No Brasil, a maioria dos solos com potencial para expansão da área citrícola se encontram sob vegetação de cerrado e são pobres em P.

Em países de citricultura avançada, a fumação de leitos de sementeira é prática rotineira com objetivo de eliminar fungos patogênicos, nematóides e plantas invasoras; no entanto, esta prática elimina as MVA, podendo ocasionar uma inibição temporária no crescimento e uma clorose generalizada, retardando, assim, o crescimento dos porta-enxertos em sementeira (Menge et al. 1977). Simultaneamente a estes sintomas, têm-se encontrado teores deficientes de P, Zn e Cu nos tecidos das plantas (Kleinschmidt & Gerdeman 1972).

A inoculação com fungos MVA em limoeiros 'Cravo' em fase inicial de crescimento proporcionou maior absorção de P e K, e o uso de fosfato natural nestas condições demonstrou ser uma fonte satisfatória de P às plantas (Antunes 1987).

Segundo Ferguson (1982), o maior potencial de uso das MVA em citros talvez seja na formação das mudas em sementeiras removíveis, podendo-se produzir mudas micorrizadas vigorosas em pouco tempo. No sistema de produção de porta-enxertos em sementeiras removíveis, as plantas são conduzidas em

bandejas de isopor em casa de vegetação. Este sistema apresenta vantagens, como: padronização de substratos para características físicas, químicas e fitossanitárias ótimas, facilidade da aplicação de fertilizantes, redução do estresse provocado pela repicagem, e outras (Moore 1978).

Este trabalho teve por objetivo verificar o efeito de diferentes doses e fontes de P e de fungos MVA sobre a nutrição mineral do limoeiro 'Cravo' cultivado em sementeiras removíveis até o ponto de repicagem.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, no setor de fruticultura da Escola Superior de Agricultura de Lavras (ESAL), em Lavras, MG, no período de outubro de 1986 a fevereiro de 1987.

Utilizou-se substrato comercial com altos teores de P, K, Ca e Mg (144 ppm, 160 ppm, 5.8 meq/100 cc e 11.4 meq/100 cc respectivamente), baixa saturação de Al trocável (0.1 meq/100 cc), alta saturação de bases e alto teor de matéria orgânica (93% e 22.3%, respectivamente). O substrato foi submetido a prévia desinfestação com brometo de metila na dosagem de 150 cc por m³.

Adotou-se como base para a adubação fosfatada a dose de 1.280 g de P₂O₅ por m³ de substrato, conforme os melhores resultados obtidos por Silva (1981) e por Nicoli (1982). As fontes de P empregadas foram o superfosfato simples (SS) e a apatita de Araxá (AA) com 18,5 e 3% respectivamente, de P₂O₅ solúvel em citrato neutro de amônio, nas dosagens de 0; 320; 640 e 1.280 g de P₂O₅ por m³ de substrato.

Os fungos utilizados, *Acaulospora morrowae* (Spain & Schenk) e *Glomus clarum* (Nicolson & Schenk), foram multiplicados em vasos de cultivo com *Brachiaria decumbens* Stapf como planta hospedeira, e Latossolo Roxo (LR) como substrato. Utilizou-se como inóculo o solo proveniente destes vasos de forma a fornecer cerca de 200 esporos e segmentos de raízes colonizadas por planta, sendo utilizados 5 ml de solo-inóculo por planta.

As plantas de limoeiro 'Cravo' (*Citrus limonia* Osbeck) provenientes de semente foram conduzidas em sementeiras removíveis, compostas por bandejas de isopor. Cada bandeja continha 128 células, comportando cerca de 80 ml de substrato cada. Foram

semeadas três sementes por célula, fazendo-se o desbaste posteriormente, deixando-se uma planta por célula.

Adotou-se o delineamento experimental de blocos casualizados em esquema de parcelas subdivididas. As parcelas eram compostas por duas bandejas cada, com 256 plantas, e continham os tratamentos não inoculados e os inoculados com *Glomus clarum*, totalizando três parcelas por bloco. As subparcelas eram compostas por 32 plantas cada, e continham os tratamentos de doses e fontes de P_2O_5 em esquema fatorial com quatro doses e duas fontes, totalizando oito subparcelas por parcela. Foram adotadas três repetições.

Nos tratamentos não-inoculados utilizou-se o mesmo volume de solo inóculo, porém com o substrato previamente desinfestado. O solo-inóculo e os fertilizantes foram misturados ao substrato antes do enchimento das células.

As avaliações foram feitas quando 80% das plantas do tratamento que apresentou maior crescimento atingiram a altura média de 10 cm. As plantas foram colhidas, retirando-se 500 mg de raízes de cada subparcela para avaliação de colonização micorrízica, conforme metodologia de coloração de raízes, empregada por Phillips & Hayman (1970) e por Giovannetti & Mosse (1980) para determinação, em placa quadriculada, da percentagem de comprimento de raízes colonizadas.

Foram determinados os teores de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn na matéria seca total, segundo metodologia descrita por Sarruge & Haag (1974), efetuando-se as análises estatísticas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Diminuições nas taxas de colonização micorrízica em porta-enxertos de citros têm sido observadas como efeito de doses crescentes de fertilizantes fosfatados (Johnson 1984). No entanto, nas condições do presente trabalho não houve efeito das doses de SS e AA sobre a colonização micorrízica dos limoeiros 'Cravo' pelos fungos em questão.

A maior dosagem de P_2O_5 utilizada proporcionou cerca de 700 ppm de P disponível às plantas, e, embora este valor seja considerado alto pelos padrões de fertilidade dos solos dados pela Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (1973) e para estudos envolvendo MVA, este nível de P não foi suficientemente alto para inibir a colonização das raízes pelos fungos utilizados. O fungo *Acaulospora morrowae* proporcionou maiores taxas de colonização do que *Glomus clarum*, o que demonstra ser mais adaptado às condições do substrato utilizado (Tabela 1). Os fungos MVA apresentam comportamento diferenciado quanto à germinação dos esporos *in vitro* em diferentes pH (Siqueira et al. 1985). Assim, é possível que o elevado pH do substrato utilizado tenha sido o fator determinante das baixas percentagens de colonização das raízes pelo fungo *Glomus clarum*. Isto sugere que estudos visando a utilização de fungos MVA em limoeiro 'Cravo' cultivado neste tipo

TABELA 1. Médias para a percentagem de colonização micorrízica e teores de nutrientes em limoeiros 'Cravo', inoculados com fungos MVA, aos quatro meses pós-semeadura.

Inoculação	Colonização micorrízica %	Teor de nutrientes na M.S. total										
		N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
		%						ppm				
Não-inoculado	0 c	1,01 a	0,14 b	1,95 b	1,09 a	0,37 a	0,10 a	31 a	8 a	729 a	162 a	97 b
<i>Glomus clarum</i>	33 b	0,98 a	0,15 b	2,06 b	1,03 a	0,38 a	0,11 a	30 a	7 a	715 a	166 a	102 b
<i>Acaulospora morrowae</i>	93 a	1,13 a	0,34 a	2,30 a	1,12 a	0,39 a	0,16 a	30 a	12 a	681 a	153 a	148 a

Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

de substrato necessitam de prévia seleção das espécies fúngicas quanto à adaptação ao substrato.

Os teores médios de N, P e Ca na matéria seca total foram maiores com o uso de SS do que com AA, sendo que doses crescentes de SS proporcionaram aumentos nos teores de Ca e P. (Tabela 2). Estes resultados se devem à presença de Ca e P em forma disponível no SS e concordam com os resultados de outros autores, que, com o uso deste fertilizante em doses crescentes, obtiveram aumentos lineares nos teores de Ca e P na matéria seca total dos limoeiros 'Cravo' (Silva 1981, Nicoli 1982, Carvalho 1987). O melhor estado nutricional das plantas fertilizadas com SS também foi refletido nos teores de N, havendo então maior absorção de N pelas plantas que apresentavam maior crescimento e melhor estado nutricional, principalmente em P e Ca. As plantas com AA apresentaram menor crescimento e aspecto clorótico.

O uso de AA proporcionou menores teores de P e Ca (Tabela 2) e maiores teores de Fe e

Mn na matéria seca total das plantas, em relação ao uso de SS, sendo que doses crescentes de AA proporcionaram aumentos nos teores de Fe e Mn (Tabela 3). Estes resultados podem ser atribuídos à baixa disponibilidade de P e Ca apresentada pela AA, visto o substrato apresentar altos teores de P e Ca disponíveis e alta saturação de bases, características que, segundo Magalhães (1984), têm efeito negativo sobre a disponibilidade destes dois nutrientes dos fosfatos naturais. O pouco tempo de cultivo pode ter influenciado a disponibilidade de P e Ca da AA, sendo que este fertilizante, segundo McClellan & Gremillion (1980), apresenta solubilização lenta no solo. O efeito de doses crescentes de AA em aumentar os teores de Fe e Mn das plantas se deve, possivelmente, à presença destes dois nutrientes em quantidades expressivas neste fertilizante, pois segundo McClellan & Gremillion (1980) mais de 25 elementos têm sido encontrados como íons substituintes na estrutura das apatitas, e entre eles se encontram o Mn e Fe como íons substituintes

TABELA 2. Médias para os teores de macronutrientes na MS total de limoeiros 'Cravo' aos quatro meses pós-semeadura, em relação às doses de superfosfato simples (SS) e apatita de Araxá (AA).

Nutriente (%)	Fertilizante	Doses do fertilizante				Médias
		0	320	640	1280	
		(g de P ₂ O ₅ /m ³ de substrato)				
N	AA	1,03 a	1,01 a	0,90 a	0,99 a	0,98 B
	SS	1,09 a	1,10 a	1,11 a	1,12 a	1,11 A
P	AA	0,17 b	0,19 a	0,21 a	0,21 a	0,19 B
	SS	0,17 c	0,21 b	0,23 ab	0,25 a	0,21 A
K	AA	2,09 a	2,06 a	2,12 a	2,06 a	2,07 A
	SS	2,10 a	2,15 a	2,16 a	2,15 a	2,15 A
Ca	AA	0,98 a	1,02 a	1,07 a	1,06 a	1,03 B
	SS	0,99 b	1,10 b	1,12 b	1,29 a	1,12 A
Mg	AA	0,38 a	0,38 a	0,39 a	0,38 a	0,38 A
	SS	0,38 a	0,39 a	0,40 a	0,39 a	0,39 A
S	AA	0,14 a	0,11 a	0,12 a	0,14 a	0,13 A
	SS	0,14 a	0,13 a	0,12 a	0,13 a	0,13 A

Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas linhas e pela mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si pelos testes de Tukey e F, respectivamente, ao nível de 5% de probabilidade.

TABELA 3. Médias para os teores de micronutrientes na MS total de limoeiros 'Cravo' aos quatro meses pós-semeadura, em relação às doses de superfosfato simples (SS) e apatita de Araxá (AA).

Nutriente (%)	Fertilizante	Doses do fertilizante				Médias
		0	320	640	1280	
		(g de P ₂ O ₅ /m ³ de substrato)				
B	AA	28 a	31 a	32 a	29 a	30 A
	SS	30 a	29 a	29 a	29 a	29 A
Cu	AA	8 a	9 a	10 a	8 a	9 A
	SS	8 a	9 a	10 a	8 a	9 A
Fe	AA	627 b	838 a	873 a	959 a	823 A
	SS	645 a	622 a	546 a	507 a	580 B
Mn	AA	120 b	177 b	248 a	301 a	212 A
	SS	112 a	112 a	100 a	113 a	109 B
Zn	AA	106 a	117 a	123 a	130 a	119 A
	SS	111 a	116 a	114 a	113 a	114 A

Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas linhas e pela mesma letra maiúscula na coluna, para cada característica, não diferem entre si pelos testes de Tukey e F, respectivamente, ao nível de 5% de probabilidade.

do Ca. Estes resultados sugerem que a AA pode ser uma fonte em potencial destes dois nutrientes para as plantas cítricas em regiões onde o suprimento destes seja insuficiente para o bom desenvolvimento das plantas.

A inoculação das plantas com *Acaulospora morrowae* proporcionou a obtenção de maiores teores de P, K e Zn na matéria seca total das plantas em relação à inoculação com *Glomus clarum* e à não-inoculação (Tabela 1). Estes resultados concordam com os de Antunes (1987), que obteve aumentos na absorção de P e K por limoeiros 'Cravo' como resposta à inoculação com fungos MVA. O efeito de fungos MVA em aumentar a absorção de Zn em porta-enxertos de citros foi relatado por Menge et al. (1978). A menor efetividade na absorção de nutrientes pela associação do limoeiro 'Cravo' com *Glomus clarum* em relação à associação com *Acaulospora morrowae* é, possivelmente, consequência de uma melhor adaptação do fungo ao substrato.

CONCLUSÕES

1. O uso do superfosfato simples proporcionou maiores teores de N, P e Ca e menores teores de Fe e Mn na matéria seca total, em relação ao uso de apatita de Araxá.
2. Com o uso de superfosfato simples na dose de 1.280 g de P₂O₅ por m³ de substrato obtiveram-se maiores teores de P e Ca na matéria seca total em relação às outras doses.
3. A inoculação dos limoeiros 'Cravo' com o fungo *Acaulospora morrowae* proporcionou maior taxa de colonização e a obtenção de maiores teores de P, K e Zn na matéria seca total, em relação à inoculação com o fungo *Glomus clarum* e à não-inoculação das plantas, mesmo tendo-se utilizado níveis de P considerados altos pelos padrões de fertilidade dos solos e para estudos envolvendo fungos MVA.

REFERÊNCIAS

- ANTUNES, V. **Crescimento do limoeiro 'Cravo' (*Citrus limonia* Osbeck) sob influência da inoculação com fungos micorrízicos vesículo-arbusculares e da aplicação de fósforo.** Piracicaba, ESALQ, 1987. 99p. Tese Mestrado.
- CARVALHO, S.A. de. **Métodos de aplicação do superfosfato simples e do calcário dolomítico no limoeiro 'Cravo' em sementeira.** Lavras, ESAL, 1987. 124p. Tese Mestrado.
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais; 3ª aproximação.** Belo Horizonte, EPAMIG, 1973. 80p.
- FERGUSON, J.J. The use of mycorrhizal fungi in citrus nurseries. **Citrus Ind.**, Bartow, **63**(12):8-13, Dec. 1982.
- GIOVANNETTI, M. & MOSSE, B. An evaluation of techniques for measuring vesicular-arbuscular mycorrhizal infection in roots. **New Phytol.**, London, **84**(3):489-500, Mar. 1980.
- JOHNSON, C.H. Phosphorus nutrition on mycorrhizal colonization photosynthesis, growth and nutrient composition of *Citrus aurantium*. **Plant Soil**, The Hague, **80**(1):35-42, Sept. 1984.
- KLEINSCHMIDT, G.D. & GERDEMAN, J.W. Stunting of citrus seedlings in fumigated nursery soils related to the absence of endomycorrhizae. **Phytopathology**, St. Paul, **62**(12):1447-53, Dec. 1972.
- LOPES, E.S.; SIQUEIRA, J.O.; ZAMBOLIM, L. Caracterização das micorrizas vesicular-arbusculares (MVA) e seus efeitos no crescimento das plantas. **R. bras. Ci. Solo**. Campinas, **7**(1):1-19, jan./abr. 1983.
- MAGALHÃES, J.C.A. de. **Aproveitamento do fosfato de Patos de Minas pelo trigo (*Triticum aestivum* L.) cv. IAC-5, cultivado em solos sob vegetação de cerrado do DF, com dois níveis de calagem.** Piracicaba, ESALQ, 1984. 202p. Tese Doutorado.
- McCLELLAN, G.H. & GREMILLION, L.R. Evaluation of phosphatic raw minerals. In: KHA-
- SAWNEH, F.E. et al., eds. **The role of phosphorus in agriculture.** Madison, American Society of Agronomy, 1980. p.43-80.
- MENGE, J.A.; LABANAUSKAS, C.K.; JOHNSON, E.L.V.; PLATT, R.G. Partial substitution of mycorrhizal fungi for phosphorus fertilization in greenhouse culture of citrus. **Soil Sci.**, Madison, **42**(6):926-30, Nov./Dec. 1978.
- MENGE, J.A.; LEMBRIGHT, H.; JOHNSON, E.L.V. Utilization of mycorrhizal fungi in citrus nurseries. **Proc. Int. Soc. Citric.**, Lake Alfred, **1**:129-32, 1977.
- MOORE, P.W. Propagation and growing nursery trees in containers. **Proc. Int. Soc. Citric.**, Griffith, **1**:129-31, 1978.
- MOREIRA, C.S. Panorama geral da citricultura no Brasil. In: YAMADA, T. ed. **Nutrição mineral e adubação dos citros.** Piracicaba, Instituto da Potassa, 1983. p.1-12.
- MOSSE, B. & HAYMAN, D.S. Mycorrhiza in agricultural plants. In: MIKOLA, P., ed. **Tropical mycorrhiza research.** Oxford, Oxford University Press, 1980. p.213-30.
- 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 Mestrado.
- PHILLIPS, J.M. & HAYMAN, D.S. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizae fungi for rapid assessment of infection. **Trans. Bri. Mycol. Soc.**, London, **55**(1):58-61, Aug./Sept. 1970.
- SARRUGE, J.R. & HAAG, H.P. **Análise química em plantas.** Piracicaba, ESALQ, 1974. 56p.
- SILVA, J.U.B. **Efeito do 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 Mestrado.
- SIQUEIRA, J.O.; SYLVIA, D.M.; GIBSON, J.; HUBBELL, D.H. Spores, germination and germ tubes of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. **Florida Agric. Exp. Station J. Series**, Gainesville, **5588**:965-71, 1985.