

EFEITOS DE FUNGOS MVA E DOSES DE FÓSFORO NOS TEORES DE NUTRIENTES EM TANGERINEIRA 'CLEOPATRA'¹

MARA RÚBIA DA ROCHA², GILMARCOS DE CARVALHO CORRÊA² e ELIZABETH DE OLIVEIRA³

RESUMO - Este estudo foi conduzido na Escola Superior de Agricultura de Lavras, com o objetivo de verificar os efeitos de doses de fósforo e da infecção com fungo micorrízico vesicular-arbuscular sobre os teores de P, Ca, Mg, S, Cu e Mn em tangerineiras 'Cleopatra', até o ponto de repicagem. O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2 x 6, sendo dois tratamentos de micorrização (infectado e não-infectado) e seis doses de P₂O₅/m³ de substrato, na forma de superfosfato simples. A inoculação foi feita utilizando-se solos contendo uma mistura de estruturas infectivas dos fungos *Acaulospora morrowae*, *Glomus etunicatum* e *G. clarum*, que foi incorporada ao substrato antes da semeadura. A inoculação promoveu maior produção de matéria seca da parte aérea e menores teores de Ca, Mg, Cu e Mn. De maneira geral, a adição de doses crescentes de superfosfato simples causou aumento nos teores de P, Ca e S e redução nos teores de Mg.

Termos para indexação: fungos micorrízicos, nutrição de plantas, citros.

EFFECT OF VESICULAR-ARBUSCULAR MYCORRHIZAL INFECTION AND PHOSPHORUS FERTILIZATION ON 'CLEOPATRA' MANDARIN ROOT-STOCK

ABSTRACT - This study was carried out at the "Escola Superior de Agricultura de Lavras", with the purpose of verifying effects of phosphorus doses and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi inoculation, on P, Ca, Mg, S, Cu and Mn uptake of 'Cleopatra' mandarin until transplanting. The experiment was planted in a completely randomized design in a 2 x 6 factorial scheme, with two mycorrhizal treatments (inoculated and non-inoculated) and six dosages of P₂O₅ /m³ of substrate, applied as simple superphosphate. Inoculation was done using soil containing a mixture of infective structures of *Acaulospora morrowae*, *Glomus clarum* and *G. etunicatum* that were incorporated into the substrate before sowing. The inoculation promoted better plant growth and lower of Ca, Mg, Cu and Mn content in plants. The addition of increasing doses of simple superphosphate increased P, Ca and S, and reduced Mg.

Index terms: mycorrhizal fungi, plant nutrition, citrus.

INTRODUÇÃO

O desenvolvimento do sistema radicular das plantas cítricas é estimulado pelo fósforo (P), principalmente na fase de crescimento inicial (Black,

1975); desta forma, a adubação fosfática nas sementeiras está diretamente relacionada com o crescimento dos porta-enxertos (Camargo, 1989; Fontanezzi, 1989). A área de absorção das raízes das plantas pode ser aumentada pela presença de micorrizas vesicular-arbusculares (MVA) (Harley & Smith, 1983), e em plantas cítricas, estas aumentam a absorção de P do solo (Cardoso et al., 1986).

Tem sido demonstrado que as MVA aumentam a absorção de P pelas plantas quando estas crescem em solos com baixo nível de P disponível (Lopes et al., 1983). Fontanezzi (1989) observou que a infecção com fungos micorrízicos induziu aumentos na absorção de P, Ca, S e Zn na matéria seca total de

¹ Aceito para publicação em 4 de setembro de 1995.

Extraído da Dissertação apresentada pela primeira autora à Esc. Sup. de Agric. de Lavras, para obtenção do Grau de Mestre.

² Eng. Agr., M. Sc., Esc. de Agron., Univ. Fed. de Goiás (UFG), Caixa Postal 131, CEP 74001-970 Goiânia, GO. Bolsista do CNPq.

³ Bióloga, Dr^a, EMBRAPA - Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo (CNPMS), Caixa Postal 151, CEP 35701-970 Sete Lagoas, MG.

tangerineiras 'Cleopatra', e os maiores benefícios da micorrização sobre os teores de P e S foram obtidos em condições de menores doses de superfosfato simples aplicadas ao substrato e quando não se adicionou superfosfato simples, respectivamente.

Conforme discutido por Colozzi-Filho & Siqueira (1986), a micorrização exerce efeito acentuado sobre os teores de outros nutrientes além do P. Efeitos positivos têm sido observados em relação a P, K, Ca, Mg e Cu, e negativos em relação a N, Zn e Mn, quando o P disponível está presente em baixas concentrações no solo.

O presente trabalho objetivou avaliar os efeitos de diferentes doses de P, e da inoculação de fungos micorrízicos, sobre os teores de P, Ca, Mg, S, Cu e Mn em tangerineiras 'Cleopatra', cultivadas 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, Lavras, MG, seguindo o delineamento experimental inteiramente casualizado em esquema fatorial 2 x 6; os fatores representaram plantas infectadas com fungos MVA e não-infectadas, e seis doses de P (0, 320, 640, 1.280, 2.000 e 2.560 g de P₂O₅/m³ de substrato). As parcelas foram constituídas de 30 plantas, e cada tratamento foi repetido cinco vezes.

Para obtenção das mudas, foram utilizadas sementes de frutos maduros de *Citrus reshni* (Hort ex Tan) cv. Cleopatra. Estas sementes foram tratadas com hipoclorito de sódio a 2%, por dez minutos, enxaguadas e deixadas a secar à sombra. Em seguida, procedeu-se à sementeira em bandejas de isopor tipo "speedlings", preenchidas com substrato comercial composto por casca de *Pinus* moída e compostada, previamente desinfestado com Brometo de Metila (180 cm³/m³) e acrescido de doses de P, utilizando-se como fonte o superfosfato simples. Os teores de P disponível do substrato podem ser observados na Tabela 1.

O inóculo constou de uma mistura dos fungos *Acaulospora morrowae*, *Glomus clarum* e *G. etunicatum*. Tais fungos foram multiplicados em vasos de cultivo, usando-se *Brachiaria decumbens* como planta multiplicadora. Os substratos dos vasos contendo esporos dos fungos e segmentos de raízes colonizadas foram utilizados como inóculo, sendo incorporados ao substrato após a adição do fertilizante, em quantidade suficiente para fornecer cerca de 50 esporos de cada espécie de fungo por planta.

TABELA 1. Teor de P disponível no substrato comercial de casca de *Pinus* moída e compostada, após adição do superfosfato simples.

	Doses de P ₂ O ₅ (g/m ³)					
	0	320	640	1.280	2.000	2.560
P disponível (ppm)	702	810	960	960	1.032	1.032

Após adição do fertilizante e do inóculo ao substrato, as bandejas foram preenchidas, e em cada célula foram colocadas quatro sementes. Após a germinação, efetuou-se o desbaste, deixando uma planta por célula.

Aos 70 dias da sementeira, iniciou-se aplicação de adubo foliar contendo 10% de N, 3% de Zn, 2% de Mn, 1% de Mg, 0,5% de B e 3% de S. Estas aplicações foram feitas à concentração de 0,05%, sendo repetidas a cada dez dias, totalizando cinco aplicações. Foi realizada uma adubação suplementar aos 90 dias após a sementeira, visando fornecer 150 mg de K, 300 mg de N e 15 mg de Mg por kg de substrato. O Mg foi fornecido em uma única aplicação, usando-se o sulfato de magnésio como fonte. As aplicações de K e N foram parceladas em três vezes, e realizadas a cada dez dias. A fonte de K foi o nitrato de potássio, e o N foi completado com uréia.

As avaliações foram realizadas nas 18 plantas centrais de cada parcela, quando as plantas do tratamento infectado, que apresentaram maior crescimento, atingiram o ponto de repicagem, ou seja, com altura média de 12 cm. Foram avaliados o peso de matéria seca da parte aérea, os teores de P, Ca, Mg, S, Cu e Mn na parte aérea, e colonização das raízes pelos fungos MVA.

Amostras de 500 mg de raízes foram retiradas das plantas de cada tratamento, 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, conforme método descrito por Phillips & Hayman (1970). O comprimento de raízes colonizadas foi determinado pelo método da placa quadriculada, de acordo com Giovanetti & Mosse (1980).

A parte aérea das plantas foi acondicionada em sacos de papel, e colocada em estufa com aeração à temperatura de 65°C, até obtenção de peso constante. Após secagem, o material foi moído, para ser submetido às determinações dos teores de nutrientes. No extrato obtido por digestão nitro-perclórica, foram dosados os teores de P por colorimetria; de Ca, Mg, Cu e Mn por espectrofotometria de absorção atômica; e de S, por turbidimetria, segundo Zaroski & Burau (1977).

Os dados foram submetidos à análise de variância, e as médias, comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da análise do substrato (Tabela 1) mostraram teores muito elevados de P, mesmo quando não houve adição de superfosfato simples.

Pode-se observar, na Tabela 2, que a porcentagem de colonização micorrízica das raízes foi boa e não apresentou diferenças significativas nas várias doses de superfosfato simples. Alguns autores relatam a redução da colonização micorrízica das raízes de porta-enxertos de citros, causada por doses crescentes de P no solo (Menge et al., 1978; Cardoso et al., 1986; Fontanezzi, 1989); no entanto, o mesmo não foi observado no presente experimento, apesar da utilização de doses de P maiores que as estudadas por estes autores. Isto pode ser atribuído a um comportamento diferenciado das espécies fúngicas utilizadas, de forma que a população mista de fungos tenha garantido a colonização micorrízica das raízes, independentemente do nível de P presente no substrato.

A produção de matéria seca não sofreu efeito das doses crescentes de superfosfato simples (Tabela 3). Isto, provavelmente ocorreu por causa do elevado nível de P já existente no substrato (Tabela 1). Embora não tenham sido detectadas diferenças significativas, nota-se uma tendência a maior acúmulo de matéria seca nas doses de 320, 640 e 1.280 g de P_2O_5/m^3 de substrato, nas plantas infectadas.

A infecção por fungos micorrízicos promoveu aumento significativo nos pesos de matéria seca; tal

TABELA 2. Porcentagem de colonização micorrízica das raízes de tangerineiras 'Cleopatra', aos quatro meses pós-semeadura, em função de doses de P.

Inoculação	Doses de P_2O_5 (g/m^3)						Médias
	0	320	640	1.280	2.000	2.560	
Não-infectadas	0	0	0	0	0	0	0 B
Infectadas	56,8	55,8	55,8	48,1	53,9	47,3	53,0 A

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

TABELA 3. Pesos secos da parte aérea de tangerineiras 'Cleopatra' infectadas (I) e não-infectadas (NI), quatro meses após a semeadura, em função de doses de P.

Inoculação	Doses de P_2O_5 (g/m^3)						Médias
	0	320	640	1.280	2.000	2.560	
Não-infectadas	6,97	6,92	7,59	6,90	7,87	7,47	7,29 B
Infectadas	8,91	9,33	9,40	9,42	8,39	8,81	9,04 A

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

efeito foi mais acentuado nas menores doses de superfosfato simples.

Os teores de P, Ca, Mg e S na matéria seca da parte aérea das tangerineiras 'Cleopatra' estão apresentados na Tabela 4.

A micorrização não afetou significativamente os teores de P, mas como as plantas inoculadas apresentaram maior crescimento, pôde-se inferir que estas tenham absorvido maior quantidade deste nutriente, o qual ficou, no entanto, diluído nos tecidos das plantas. Na Fig. 1, vê-se que os teores de P sofreram redução nas doses intermediárias de superfosfato simples, voltando a crescer nas doses mais elevadas. Observou-se, nas plantas, tendência a maior acúmulo de matéria seca nas doses intermediárias do fertilizante.

Nas plantas não infectadas, observaram-se aumentos nos teores de cálcio (Ca), à medida que doses de superfosfato simples foram incrementadas (Tabela 4); isto é atribuído à presença do Ca no fertilizante utilizado. Os tratamentos infectados apresentaram menores teores do elemento em relação aos tratamentos não-infectados, exceto quando não se aplicou superfosfato simples ao substrato. Pode ter ocorrido diluição do Ca nos tecidos das plantas infectadas, já que estas apresentaram maior acúmulo de matéria seca. O mesmo aconteceu com os teores de magnésio (Mg) nas plantas inoculadas.

Pela Fig. 2, observa-se uma redução nos teores de Mg com a adição de doses crescentes de fosfato ao substrato, apesar da aplicação via foliar. Epstein (1975) e Malavolta (1980) mencionaram uma associação sinérgica entre o P e o Mg. Contudo, Bueno (1984) e Fontanezzi (1989) constataram redução nos teores de Mg com a adição de doses

TABELA 4. Teores de P, Ca, Mn e S na matéria seca da parte aérea de tangerineiras 'Cleopatra', infectadas (I) e não-infectadas (NI), quatro meses após a semeadura, em função de doses de P¹.

Inoculação	Doses de P ₂ O ₅ (g/m ³)						Médias
	0	320	640	1.280	2.000	2.560	
Fósforo (%)							
Não-infectadas	0,29	0,26	0,28	0,26	0,33	0,31	0,29
Infectadas	0,29	0,28	0,25	0,26	0,29	0,31	0,28
Média	0,29	0,27	0,26	0,26	0,31	0,31	
Cálcio (%)							
Não-infectadas	1,95bA	1,95bA	2,01bA	1,98bA	2,31aA	2,09abA	2,05
Infectadas	2,02aA	1,66bB	1,51bB	1,66bB	1,70bB	1,70bB	1,71
Média	1,98	1,80	1,76	1,82	2,00	2,90	
Magnésio (%)							
Não-infectadas	0,53	0,48	0,48	0,42	0,42	0,43	0,46 A
Infectadas	0,40	0,37	0,31	0,29	0,30	0,26	0,32 B
Média	0,46	0,42	0,40	0,36	0,36	0,34	
Enxofre (%)							
Não-infectadas	0,20bA	0,21bA	0,26abA	0,23bA	0,26abA	0,35aA	0,25
Infectadas	0,25aA	0,25aA	0,23aA	0,24aA	0,23aA	0,25aB	0,24
Média	0,22	0,23	0,24	0,24	0,24	0,30	

¹ Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas linhas, e pela mesma letra maiúscula nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

crescentes de fertilizante fosfatado, e atribuíram-na à presença de outros nutrientes no superfosfato simples. Assim, o Ca presente no superfosfato

simples pode ter interferido de maneira antagônica na absorção do Mg, conforme discutido por Bueno (1984).

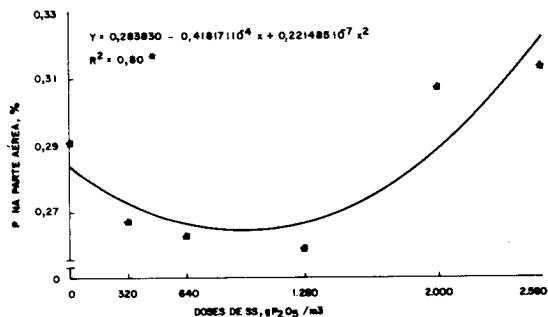


FIG. 1. Equação de regressão referente aos teores de P na matéria seca da parte aérea de tangerineiras 'Cleopatra', em função das doses de superfosfato simples (SS), quatro meses após a semeadura.

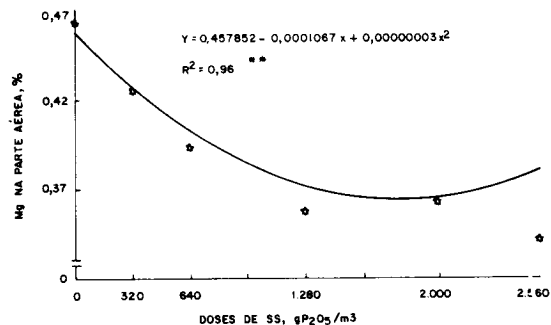


FIG. 2. Equação de regressão referente aos teores de Mg na matéria seca da parte aérea de tangerineiras 'Cleopatra', em função das doses de superfosfato simples (SS), quatro meses após a semeadura.

A aplicação de doses crescentes de superfosfato simples ao substrato provocou variações nos teores de S apenas nos tratamentos não-infectados (Tabela 4). De maneira geral, observou-se aumento nos teores de S à medida que foram aumentadas as doses de superfosfato simples. Estes resultados concordam com os obtidos por Carvalho (1987) e Fontanezzi (1989), e podem ser atribuídos à presença deste nutriente no fertilizante utilizado, que é da ordem de 12%. Não ocorreu aumento na concentração de S nas plantas infectadas, talvez devido ao efeito de diluição.

Os teores de Cu e Mn na matéria seca da parte aérea encontram-se na Tabela 5. Nos tratamentos infectados com fungos micorrízicos, observou-se aumento nos teores de Cu, quando da aplicação de 2.000 g, ou mais, de P_2O_5/m^3 de substrato. Pode ter

havido uma diluição do Cu, visto que houve tendência ao maior acúmulo de matéria seca nestes tratamentos. A diluição do Cu na matéria seca de plantas colonizadas também foi observada por Lambert et al. (1979) e Fontanezzi (1989). Nos tratamentos não-infectados não houve variação nos teores de Cu entre as doses de superfosfato simples aplicadas ao substrato.

Com relação aos teores de Mn, não houve influência das doses de superfosfato simples aplicadas ao substrato (Tabela 5); entretanto, a infecção com fungos micorrízicos resultou em menores teores, o que está em concordância com resultados obtidos por Fontanezzi (1989) e Kleinschmidt & Gerdemann (1972). Os altos teores de Mn observados no presente trabalho podem ser atribuídos ao fornecimento do nutriente com o fertilizante foliar nitrogenado.

TABELA 5. Teores de Cu e Mn na matéria seca da parte aérea de tangerineiras 'Cleopatra', infectadas (I) e não-infectadas (NI), quatro meses após a semeadura, em função de doses de P^1 .

Inoculação	Doses de P_2O_5 (g/m^3)						Médias
	0	320	640	1.280	2.000	2.560	
Cobre (ppm)							
Não-infectadas	8,65aA	7,47aA	8,06aA	8,15aA	7,79aA	6,42aA	7,76
Infectadas	5,56abcB	5,21bcB	4,59cB	5,63abcB	8,53aA	7,80abA	6,22
Média	7,10	6,34	6,33	6,89	8,16	7,11	
Manganês (ppm)							
Não-infectadas	74,24	71,14	63,80	66,18	73,60	78,73	71,28 A
Infectadas	58,15	56,73	53,38	51,92	56,24	53,60	55,00 B
Média	66,20	63,94	58,59	59,05	64,92	66,16	

¹ Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas linhas e pela mesma letra maiúscula nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

CONCLUSÕES

1. A adição de doses crescentes de superfosfato simples ao substrato não afeta a colonização micorrízica das raízes.

2. As doses crescentes de superfosfato simples não influenciam a produção de matéria seca das tangerineiras 'Cleopatra'.

3. Doses crescentes de superfosfato simples resultam em redução dos teores de Mg.

REFERÊNCIAS

- BLACK, C.A. **Relaciones suelo-planta**. Buenos Aires: Editorial Emisfério Sur, 1975. v.2, 866p.
- BUENO, D.M. **Efeito do superfosfato triplo no crescimento inicial de porta-enxertos de citros em diferentes tipos de solos**. Lavras: ESAL, 1984. 176 p. Tese de Mestrado.
- CAMARGO, I.P. de. **Efeitos de doses, fontes de fósforo e de fungos micorrízicos sobre o limoeiro 'Cra-**

- vo' até a repicagem. Lavras, ESAL, 1989. 104 p. Tese de Mestrado.
- CARDOSO, E.J.B.N.; ANTUNES, V.; SILVEIRA, A.P.D. da; OLIVEIRA, M.H.A. Eficiência de fungos micorrízicos vesículo arbusculares em porta-enxertos de citros. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.10, n.1, p.25-30, 1986.
- CARVALHO, S.A. de. **Métodos de aplicação do superfosfato simples e do calcário dolomítico no limoeiro 'Cravo' em sementeira**. Lavras: ESAL, 1987. 124p. Tese de Mestrado.
- COLOZZI-FILHO, A.; SIQUEIRA, J.O. Micorrizas vesículo-arbusculares em mudas de cafeeiro. I. Efeito da inoculação e adubação fosfatada no crescimento e nutrição. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.10, p.199-205, 1986.
- EPSTEIN, E. **Nutrição mineral de plantas; princípios e perspectivas**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos Científicos, 1975. 341 p.
- FONTANEZZI, G.B.S. **Efeitos de micorriza vesicular-arbuscular e de superfosfato simples no crescimento e nutrição de porta-enxertos de citros**. Lavras: ESAL, 1989. 105 p. Tese de Mestrado.
- GIOVANETTI, M.; MOSSE, B. An evaluation of techniques for measuring vesicular-arbuscular mycorrhizal infection in roots. **New Phytologist**, London, v. 84, n. 3, p. 489-500, 1980.
- HARLEY, J.L.; SMITH, S.E. **Mycorrhizal symbiosis**. London: Academic Press, 1983. 483 p.
- KLEINSCHMIDT, G.D.; GERDEMANN, J.W. Stunting of citrus seedlings in fumigated nursery soils related to the absence of endomycorrhizae. **Phytopathology**, St. Paul, v.62, n.12, p.1447-1453, 1972.
- LAMBERT, D.H.; BAKER, D.E.; COLE, J.R.H. The role of mycorrhizae in the interactions of phosphorus with zinc, copper and other elements. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.43, n.5, p. 976-980, 1979.
- LOPES, E.S.; SIQUEIRA, J.O.; ZAMBOLIM, L. Caracterização das micorrizas vesicular-arbusculares (MVA) e seus efeitos no crescimento das plantas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 7, n. 1, p. 1-19, 1983.
- MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Ceres, 1980. 245 p.
- MENGE, J.A.; LABANAUSKAS, C.K.; JOHNSON, E.L.V.; PLATT, R.G. Partial substitution of mycorrhizal fungi for phosphorus fertilization in the greenhouse culture of citrus. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 42, n. 6, p. 926-930, 1978.
- PHILLIPS, J.M.; HAYMAN, D.S. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizae fungi for rapid assessment of infection. **Transactions of British Mycological Society**, London, v. 55, n. 1, p. 158-161, 1970.
- ZAROSKI, R.J.; BURAU, R.G. A rapid nitric perchloric and digestion method for multi-element tissue analysis. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 8, n. 5, p 425-436, 1977.