

# Interação entre Diferentes Tipos de Solo e Fungos Micorrízicos Vesículo—Arbusculares na Produção de Mudanças de Café (*Coffea arabica*, L.)<sup>1</sup>

V. Antunes\*, A. P. Silveira\*, E. J. Cardoso\*

## ABSTRACT

An experiment was conducted under greenhouse conditions to evaluate the effect of different soil types and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi on the development of coffee-tree seedlings. The experiment had a factorial design and consisted of three sterilized soils (a quartz sand, a dark red latosol and a "Terra Roxa") and four VAM fungi (*Glomus macrocarpum*, *Glomus leptotichum*, *Gigaspora heterogama* and *Gigaspora margarita*). The plants were harvested six months after transplanting. It could be observed that *G. margarita* and *G. leptotichum*, in this sequence, promoted a better growth of the plants and higher absorption of P and K on the two first soils. On the quartz sand neither one of the VAM fungi had a beneficial effect on the plants. The amount of available phosphorus in the soils did not affect mycorrhizal root colonization, although it did influence the efficiency of the symbiosis.

## INTRODUÇÃO

A pesar da cultura do café ser uma grande geradora, de divisas para o Brasil, a qualidade das mudas produzidas, segundo levantamento realizado por Lopes *et al.* (8), é bastante precária.

A importância das associações micorrízicas vesículo-arbusculares em promover um maior desenvolvimento das plantas é bem conhecida, porém poucos estudos têm sido realizados com café. No Brasil, tal simbiose em café foi descrita pela primeira vez por Cardoso (3), sendo posteriormente estudada por Lopes *et al.* (7).

Nos estudos sobre associação micorrízica deve ser levada em consideração a importância do trinómio solo fungo — planta, uma vez que o tipo de solo pode alterar a eficiência do processo (4, 10, 13).

Assim sendo, realizou-se o presente experimento com o objetivo de ser avaliar o efeito de diferentes solos e fungos micorrízicos VA na produção de mudas de café.

## RESUMO

Com o objetivo de se avaliar o efeito de diferentes solos e fungos micorrízicos VA na obtenção de mudas de café (cv Mundo Novo), instalou-se um experimento em casa de vegetação, empregando-se os solos: Areia Quartzosa (AQ), Latossol Vermelho Escuro (LVE) e Terra Roxa Estruturada (TRE) esterilizados, e os fungos: *Glomus macrocarpum*, *Glomus leptotichum*, *Gigaspora heterogama* e *Gigaspora margarita*. As mudas foram conduzidas até seis meses após o transplante, quando foram colhidas. Os fungos *G. margarita* e *G. leptotichum*, nesta ordem, promoveram um melhor desenvolvimento das plantas, causando maior crescimento e absorção de P e K, nos solos LVE e TRE. Na AQ, a inoculação dos fungos não resultou em benefícios para as plantas. A quantidade de P disponível nos solos não afetou a colonização das raízes pelos fungos, mas influiu no desempenho da simbiose.

## MATERIAL E MÉTODOS

Utilizaram-se os solos Areia Quartzosa (série Ribeirão Claro), Latossol Vermelho Escuro (série Iracema) e Terra Roxa Estruturada (série Luiz de Queiroz) esterilizados por vapor fluente durante três dias consecutivos, cujas análises químicas e granulométricas constam do Quadro 1.

A correção e adubação dos solos foram feitas utilizando-se:  $\text{CaCO}_3 = 1\ 175$  mg,  $\text{Mg CO}_3 = 392$  mg,  $\text{KNO}_3 = 776$  mg,  $(\text{NH}_4)_2 \text{SO}_4 = 329$  mg e superfosfato triplo = 1 324 mg, por vaso com 2.0 kg de solo, resultando em 150 ppm K, 40 ppm S, 89 ppm N e 65 ppm P.

Os inóculos dos fungos utilizados, ou seja, *Glomus macrocarpum*, *Glomus leptotichum*, *Gigaspora margarita* e *Gigaspora heterogama* foram multiplicados em milho, como planta hospedeira.

Para obtenção dos "seedlings" foi feita a semeadura do café (cv Mundo Novo) em caixa de areia esterilizada por autoclavagem.

Os "seedlings" foram transplantados para os vasos no estádio de "palito de fósforo", quando se procedeu à inoculação. O inóculo constituiu-se de 50 ml de solo contendo pedaços de raiz infectada, hifa e esporos do fungo MVA, o qual foi colocado em contato

<sup>1</sup> Recebido em maio 17, 1987

\* Departamento de Solos, Geologia e Fertilizantes. ESALQ, Caixa Postal 9. CEP 13.400. Piracicaba, SP, Brasil.

Quadro 1. Análise química e granulométrica dos solos Terra Roxa Estruturada – série Luiz de Queiroz (TRE), Areia Quartzosa – série Ribeirão Claro (AQ) e Latossol Vermelho Escuro – série Iracema (LVE), coletados na região de Piracicaba, São Paulo, a uma profundidade de 0-20 cm.

Solo	Análise Granulométrica			Classe Textural
	Areia	Silte %	Argila	
TRE	15.3	20.2	64.5	argiloso
AQ	88.6	5.0	5.4	arenoso
LVE	67.0	8.1	24.9	franco argilo-arenoso

com a raiz do “seedling”. Instalou-se também um tratamento testemunha, ao qual se adicionou a mesma quantidade de solo, porém sem estruturas fúngicas. O delineamento foi inteiramente ao acaso, com quatro repetições por tratamento.

Três meses após a inoculação repetiu-se a adubação inicial, com exceção do fósforo.

Aos seis meses após transplante foi medida a altura das plantas e estas foram colhidas. O sistema radicular foi colorido (14) para determinação da porcentagem de colonização micorrízica, e a parte aérea foi seca (60°C por 3 dias) para estabelecer o peso da matéria seca e os teores de P e K na parte aérea da planta, segundo Sarruge e Haag (17).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pela observação dos resultados apresentados no Quadro 2, pode-se verificar que o peso da matéria seca da parte aérea de plantas de café diferiu significativamente da testemunha, quando colonizadas pelo *Glomus leptotichum* e *Gigaspora margarita*, causando um incremento de 89% e 97% no solo LVE, e de 285% e 543%, respectivamente, na TRE. Entretanto, na AQ as plantas micorrízicas não diferiram da testemunha.

Nota-se que nos solos AQ e LVE (Quadro 2) os fungos empregados não causaram aumento na altura das plantas, ao passo que na TRE, o *G. leptotichum* e *G. margarita* geraram um incremento na altura de 150% e 242%, respectivamente, em relação à testemunha.

O solo LVE mostrou-se mais apropriado ao desenvolvimento do cafeeiro, tanto na presença como na ausência de micorriza.

Quanto à absorção de nutrientes (Quadro 3 e 4) constatou-se que a concentração de P e K no tecido da parte aérea não foi alterada nos solos AQ e LVE com a presença da micorriza. Entretanto, no solo TRE a colonização das plantas pelo fungo *G. margarita* elevou o teor de P em 588%, em relação à testemunha. De um modo geral, as plantas cultivadas na AQ e LVE apresentaram maior teor de P e K nos tecidos.

No que diz respeito à quantidade acumulada de P (Quadro 3) constatou-se que nos solos AQ e LVE, as plantas infectadas com fungo micorrízico não diferiram das plantas testemunhas. Já no solo TRE, o único tratamento que diferiu significativamente da testemunha foi aquele com *G. margarita*, o qual gerou um acúmulo relativo de P na parte aérea de 2.921%, sendo seguido pelo *G. leptotichum* com 897% (Quadro 5).

No Quadro 4 observa-se que a quantidade acumulada de K na parte aérea não foi aumentada pela presença dos fungos MVA, na AQ. Porém, no solo LVE, a colonização das plantas pelo *G. leptotichum* e *G. margarita* causou um incremento de 84% e 102%, respectivamente, diferindo da testemunha e demais fungos. No solo TRE, ambos os fungos também se destacaram, promovendo 325% e 725%, respectivamente, de incremento no K total. As plantas conduzidas no solo LVE apresentaram as maiores quantidades acumuladas de P e K.

O fungo *G. margarita* apresentou as maiores taxas de colonização da raiz (Quadro 2), diferindo significativamente dos demais fungos, nos três solos empregados. Não foi observado efeito do solo sobre a porcentagem de colonização dos fungos.

Apesar de geralmente não se constatar relação entre a eficiência de um endófito e sua taxa de colo-

Quadro 2. Altura, peso da matéria seca da parte aérea e porcentagem de colonização da raiz de cafeeiro na presença de diferentes fungos MVA, cultivado em três solos<sup>1</sup>.

Tratamentos <sup>2</sup>	I	Gm	Gl	Gih	Gim
Peso da matéria seca da parte aérea (g)					
AQ	1 18 aA	2 33 aA	2 35 aA	2 29 aA	1 40 aA
LVE	3 45 aB	5 11 abB	6 51 bB	4 21 aB	6 79 bC
TRE	0 79 aA	0 84 aA	3 04 bA	1 16 aA	5 08 cB
Altura (cm)					
AQ	17 9 aA	26 0 aAB	26 6 aA	25 6 aAB	18 5 aA
LVE	31 5 aB	37 4 aB	49 3 aB	38 0 aB	50 9 aB
TRE	12 4 aA	11 8 aA	30 9 bA	15 8 aA	42 4 bB
Colonização radicular (%)					
AQ	0 0 aA	0 0 aA	17 3 bA	11 5 bA	45 9 cA
LVE	0 0 aA	0 0 aA	16 4 bA	9 8 bA	49 3 cA
TRE	0 0 aA	0 0 aA	16 3 bA	7 4 bA	49 0 cA

1 Tratamentos seguidos da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Letra minúscula corresponde à comparação na linha, enquanto maiúscula na coluna.

2 Tratamentos: Fungos MVA-I: testemunha, Gm: *Glomus macrocarpum*, Gl: *Glomus leptotichum*, Gih: *Gigaspora heterogama*, Gim: *Gigaspora margarita*. Solo - AQ: Areia Quartzosa, LVE: Latosol Vermelho Escuro, TRE: Terra Roxa Estruturada

nização da raiz (1, 11, 15, 16) observou-se neste experimento que *G. margarita*, que se destacou por promover um maior crescimento e absorção de nutrientes nos solos LVE e TRE, também causou as maiores taxas de infecção na raiz. Entretanto, no solo AQ, embora a taxa de infecção tenha se mantido, este fungo, assim como os demais, não causaram incrementos significativos no desenvolvimento do cafeeiro. Estes resultados sugerem que, provavelmente, a colonização das raízes seja mais dependente da combinação entre o fungo e o hospedeiro, enquanto a eficiência da simbiose parece depender mais das características do solo.

É importante ressaltar que nas condições do experimento, o *G. leptotichum* mostrou também certa eficiência, não diferindo estatisticamente da *G. margarita* em algumas variáveis analisadas.

A observação de que certos endófitos formam associações preferenciais com certos hospedeiros (12) já foi repetidamente evidenciada. No caso do cafeeiro, a eficiência da *G. margarita* também já foi constatada por Lopes *et al.* (7). Caldeira *et al.* (2) verificaram que dos fungos MVA isolados de rizosfera de cafeeiro, o mais eficiente foi o gênero *Acaulospora*, o qual predominou nos locais de levantamento, o que concorda com Lopes *et al.* (6). No entanto, uma observação

interessante é que a *G. margarita*, que tem se mostrado eficiente, não foi encontrada em nenhum dos levantamentos citados.

O fato do *G. macrocarpum* não ter colonizado as raízes do cafeeiro concorda, plenamente, com as observações de Lopes *et al.* (7). Porém, Caldeira *et al.* (2) empregando um inóculo deste fungo, isolado da rizosfera de cafeeiro, observaram uma taxa de colonização superior a 60%.

Estes resultados ressaltam a importância do aspecto especificidade e/ou eficiência do sistema fungo-hospedeiro. Mosse (12) sugere que a especificidade está relacionada com o grau de adaptação do fungo ao hospedeiro, isto é, depende da interação genética entre eles, podendo ser influenciada por interações entre o solo e o fungo.

Esta influência do solo sobre a simbiose fungo-hospedeiro, a qual já foi constatada por vários autores (4, 13, 18) foi observada neste experimento, uma vez que no solo AQ, os fungos MVA não diferiram da testemunha, não promovendo incremento no desenvolvimento das mudas.

Neste aspecto, um ponto que parece ser de importância na eficiência micorrízica é a disponibilidade de

Quadro 3. Quantidade total e concentração de fósforo na parte aérea do cafeeiro na presença de diferentes fungos micorrízicos e em três solos<sup>1</sup>.

Tratamentos <sup>2</sup>	% P				
	I	Gm	Gl	Gih	Gim
AQ	1.16 bC	0.96 abB	0.76 aB	0.76 aB	0.83 aB
LVE	0.64 ab	0.85 aB	0.71 aB	0.69 aB	0.62 aAB
TRE	0.08 aA	0.14 abA	0.29 bA	0.21 bA	0.55 cA

Continuação Quadro 3.

Tratamentos <sup>2</sup>	P total (mg)				
	I	Gm	Gl	Gih	Gim
AQ	13.85 aAB	22.10 aA	17.55 aA	17.37 aAB	11.43 aA
LVE	22.40 aB	42.27 aB	46.17 aB	28.65 aB	43.93 aB
TRE	0.95 aA	1.43 aA	9.47 abA	2.40 aA	28.70 aAB

1, 2 idem Quadro 2.

P no solo, que muitas vezes se reflete na concentração de P nos tecidos vegetais.

Desta maneira, coletaram-se amostras dos solos 30 dias após adubação, a fim de se determinar a quantidade de P disponível, ou seja a que não foi fixada pelo solo (19). Após tal período, os solos AQ, LVE e TRE apresentaram, respectivamente, 57, 35 e 22 ppm

de P disponível, valores estes que diferiram significativamente entre si (P = 0.05).

Constatou-se que a concentração de P nas plantas foi proporcional às quantidades de P disponível nos diferentes solos. Na TRE, a testemunha chegou a apresentar um teor de P inferior ao médio encontrado normalmente nas plantas (0.12%), refletindo a alta

Quadro 4. Quantidade total e concentração de potássio na parte aérea do cafeeiro na presença de diferentes fungos micorrízicos e em três solos<sup>1</sup>.

Tratamentos <sup>2</sup>	% K				
	I	Gm	Gl	Gih	Gim
AQ	3.93 aB	3.70 aAB	3.75 aA	3.70 aB	3.55 aA
LVE	3.80 aB	4.50 aB	3.73 aA	3.80 aB	3.88 aA
TRE	3.08 abA	3.20 abA	3.33 abA	2.90 aA	3.75 bA

Continuação Quadro 4.

Tratamentos <sup>2</sup>	K total				
	I	Gm	Gl	Gih	Gim
AQ	45.90 aA	85.15 aA	87.43 aA	81.35 aA	52.05 aA
LVE	131.06 aB	128.75 aB	240.83 bB	160.08 aB	264.65 bC
TRE	23.33 aA	26.90 ab	99.25 bA	33.18 abA	192.45 cB

1, 2 Idem Quadro 2.

Quadro 5. Acúmulo relativo de fósforo (%) na parte aérea do cafeeiro colonizado por diferentes fungos MVA, em três solos.

Tratamentos <sup>1</sup>	Gm	GI	Gih	Gim
AQ	60	27	25	-17
LVE	89	106	28	96
TRE	51	897	153	2 921

1 Tratamentos: idem Quadro 2.

fixação de P que ocorreu neste solo. Entretanto, na quantidade acumulada de P, as tendências foram diferentes, ocorrendo os maiores acúmulos de P nas plantas (Quadro 3) do solo LVE (nível intermediário de P disponível). Porém, foi justamente no solo TRE que foram observados os maiores acúmulos relativos de P (Quadro 5), principalmente na presença do *G. leptotichum* e *G. margarita*, o que demonstra uma alta eficiência destes endófitos na absorção de P do solo, quando a disponibilidade do elemento é relativamente baixa.

Já na AQ, provavelmente devido à alta disponibilidade de P, nenhum dos endófitos se sobressaiu com relação ao acúmulo de P na parte aérea da planta, ao mesmo tempo em que não contribuíram para um maior desenvolvimento das mudas, embora não tenha ocorrido diminuição na taxa de colonização das raízes.

Somente nos dois solos que apresentaram valores de P disponível igual ou inferior a 35 ppm, manifestou um incremento significativo devido à presença de

*G. leptotichum* e *G. margarita*, que apresentaram o maior grau de eficiência relativa (74% e 84%, respectivamente) na TRE, a qual continha o nível mais baixo de P disponível. Tal fenômeno tem sido observado por outros autores e em outras plantas (9, 13, 20).

Isto demonstra que o fator que afeta a eficiência da micorriza é a real disponibilidade de P no solo e não a quantidade de adubo fosfatado aplicado, o que também poderia explicar os resultados favoráveis obtidos por muitos autores com a aplicação de doses extremas de fosfato ao solo (5).

Portanto, apesar dos fungos *G. leptotichum* e *G. margarita* terem sido benéficos no desenvolvimento das mudas de café, ainda não é possível ser feita uma recomendação de endófitos eficientes, uma vez que as características do solo, principalmente o nível de P disponível são determinantes do sucesso da micorrização. Para o cafeeiro, cujas mudas são obtidas em solo fumigado, justifica-se plenamente a pesquisa em busca de endófitos, que mostrem eficiência no maior número possível de solos.

#### CONCLUSÃO

Os fungos MVA *Gigaspora margarita* e *Glomus leptotichum* foram os mais eficientes para desenvolvimento das mudas de café, nos solos LVE e TRE, sendo que em algumas variáveis a *G. margarita* superou o *G. leptotichum*. A quantidade de P disponível nos solos empregados não afetou a taxa de colonização da raiz pelos fungos, mas influenciou no grau de eficiência da simbiose.

#### LITERATURA CITADA

- AZCON, R.; OCAMPO, J.A. 1981. Factors affecting the vesicular-arbuscular infection and mycorrhizal dependency of thirteen wheat cultivars. *New Phytology* 87:677-685.
- CALDEIRA, S.F.; CHAVES, G.M.; ZAMBOLIM, L. 1983. Associação de micorriza vesicular-arbuscular com café, limão-rosa e capim-gordura. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 18:223-228.
- CARDOSO, E.J.B.N. 1978. Ocorrência de micorriza em café. *Summa Phytopathologica* 4:136-137.
- CARDOSO, E.J.B.N. 1984. Efeito de micorriza vesicular-arbuscular e de fosfato de rocha nas culturas da soja e do feijão. Tese de Livre Docência. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". 220 p.
- LOPES, E.S.; SIQUEIRA, J.O.; ZAMBOLIM, L. 1983a. Caracterização das micorrizas vesicular-arbusculares (MVA) e seus efeitos no crescimento das plantas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 7:1-19.
- LOPES, E.S.; OLIVEIRA, E.; DIAS, R.; SCHENCK, N.C. 1983b. Occurrence and distribution of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in coffee (*Coffea arabica* L.) plantations in central São Paulo State, Brazil. *Turrialba* 33:417-422.
- LOPES, E.S.; OLIVEIRA, E.; NEPTUNE, A.M.L.; MORAES, F.P. 1983c. Efeito da inoculação do cafeeiro com diferentes espécies de fungos micorrízicos vesicular-arbusculares. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 7:137-141.

8. LOPES, E.S.; DIAS, R.; COSTA, A.M. 1985. Problemas no desenvolvimento e na colonização micorrizica natural de mudas de café em viveiro. Programa e Resumos da I Reunião Brasileira sobre Micorrizas, Lavras-MG.
9. MENGE, J.A.; JARREL, W.M.; LABANAUSKAS, C.K.; OJALA, J.C.; HUSZAR, C.; JOHNSON, E.L.V.; SIBERT, D. 1982. Predicting mycorrhizal dependency of troyer citrange on *Glomus fasciculatus* in California citrus soils and nursery mixes. Soil Science Society of American Journal 46:762-768.
10. MOSSE, B. 1972a. The influence of soil type and *Endogone* strain on the growth of mycorrhizal plants in phosphate deficient soils. Rev. Ecol. Biol. Sol. 9:529-537.
11. MOSSE, B. 1972b. Effects of different *Endogone* strains on the growth of *Paspalum notatum*. Nature 239: 221-223.
12. MOSSE, B. 1975. Specificity in V.A. mycorrhiza. In Endomycorrhiza. Ed. by F.E. SANDERS; B. MOSSE; P.B. TINKER. London, Academic Press. p. 469-485.
13. PARADA, A. 1984. Efeito de fósforo e de micorriza vesícula arbuscular no feijoeiro. Dissertação de Mestrado. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". 138 p.
14. PHILLIPS, J.M.; HAYMAN, D.S. 1970. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. Trans. Brit. Mycol. Soc. 55:158-161.
15. POWELL, C.L. 1977. Mycorrhizas in hill country soils. V. Growth responses in ryegrass. New Zealand Journal of Agriculture Research 20:495-502.
16. POWELL, C.L.; SITHAMPARATHAN, J. 1977. Mycorrhizas in hill country soils. IV. Infection rate in grass and legume species by indigenous mycorrhizal fungi under field conditions. New Zealand Journal of Agriculture Research 20:489-502.
17. SARRUGE, J.R.; HAAG, H.P. 1974. Análises químicas em plantas. Depto. de Química ESALQ/USP.
18. SKIPPER, H.O.; SMITH, G.W. 1979. Influence of soil pH on the soybean-endomycorrhiza symbioses. Plant and Soil 51:559-563.
19. VOLKWEISS, S.J.; VAN RAUJ, B. 1976. Retenção e disponibilidade do fósforo em solos. IV Simpósio sobre o Cerrado. Belo Horizonte, Ed. Itatiaia. p. 317-332.
20. YOSI, R.S.; FOX, R.L. 1979. Contribution of mycorrhizae to the P nutrition of crops growing on an oxisol. Agronomy Journal 71:903-908.