

CRESCIMENTO E NUTRIÇÃO DE MUDAS DE CAFEIEIRO MICORRIZADAS EFEITO DA MATÉRIA ORGÂNICA E SUPERFOSFATO SIMPLES¹

CARLOS ALBERTO SPAGGIARI SOUZA², JOSÉ OSWALDO SIQUEIRA³,
ELIZABETH DE OLIVEIRA⁴ e JANICE GUEDES DE CARVALHO⁵

RESUMO - Foram estudados os efeitos da inoculação do fungo micorrízico do tipo vesículo-arbuscular *Gigaspora margarita* (Becker & Haal) no crescimento e nutrição de mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.), cultivadas em substrato desinfestado que recebeu 0, 1, 2, 3, 4 e 5 kg de superfosfato simples por m³, na presença e ausência de matéria orgânica (esterco de curral), no substrato em dois experimentos: casa de vegetação e viveiro comercial. A proporção solo/matéria orgânica utilizada foi em volume 70 e 30 %. Cento e vinte dias após a repicagem e a inoculação, os experimentos foram avaliados. No experimento de casa de vegetação, as mudas micorrizadas apresentaram maior produção de matéria seca, maiores concentrações de P e Cu e menores concentrações de N e Mn do que as não-micorrizadas. No experimento de viveiro comercial, os benefícios da inoculação foram mínimos. A adição de matéria orgânica proporcionou a obtenção de respostas de maior magnitude no crescimento e nutrição das plantas de ambos experimentos. Os efeitos das dosagens de superfosfato simples no crescimento e nutrição das mudas e sua influência na micorrização e na presença de matéria orgânica são também discutidos.

Termos para indexação: fungo micorrízico, *Coffea arabica*, nutrição fosfatada.

DEVELOPMENT AND NUTRIENT LEVELS OF COFFEE SEEDLINGS INOCULATED WITH MYCORRHIZAL FUNGI EFFECT OF ORGANIC MATTER AND SIMPLE SUPERPHOSPHATE

ABSTRACT - It was studied the effects of inoculation with the endomycorrhizal fungus *Gigaspora margarita* on nutrition and growth of coffee (*Coffea arabica* L.) seedlings grown in fumigated soil treated with 0, 1, 2, 3, 4 and 5 kg per m³ as simple superphosphate, with and without organic matter (cattle manure) in substratum. One experiment was conducted in a glasshouse and the other in a commercial nursery. Growth and the nutrient were measured levels 120 days after inoculation and transplantation. At glasshouse the inoculated seedlings had higher levels of P and Cu and lower levels of N and Mn when compared with noninoculated seedlings. For the commercial nursery, the benefits of inoculation were minimum. The organic matter addition increased the growth and nutrient levels of coffee seedlings at both experiments. The influence of the different dosages of simple superphosphate and their effects on the presence of organic matter and effectiveness of the fungus and colonization of the roots are also discussed.

Index terms: mycorrhizal fungi, *Coffea arabica*, phosphate fertilization.

INTRODUÇÃO

A primeira referência da ocorrência de micorrizas vesículo-arbusculares em cafeeiros foi publicada por Janse, em 1897, citado por Lopes (1985). No entanto, somente nos últimos anos as pesquisas neste sistema foram desenvolvidas, e evidenciaram elevada dependência desta planta ao micotrofismo (Lopes et al. 1983b; Zambolim et al. 1986 e Colozzi-Filho & Siqueira 1986). Além da dependência, o ca-

¹ Aceito para publicação em 18 de junho de 1991.

Extraído da tese apresentada à ESAL, pelo primeiro autor, para obtenção do grau de mestre em Ciências na área de Fiotecnologia.

² Eng.-Agr., M.Sc., atualmente lotado no Centro de Pesquisas do Cacau (CEPEC), Caixa Postal 102, CEP 29900 Linhares, ES.

³ Eng.-Agr., Ph.D., Prof., Dep. de Ciência do Solo da Esc. Sup. de Agric. de Lavras (ESAL), Caixa Postal 37, CEP 37200 Lavras, MG.

⁴ Bióloga, M.Sc., Convênio MA/FAEPE, Dep. de Fitossanidade, Esc. Sup. de Agric. de Lavras (ESAL).

⁵ Eng.-Agr., D.Sc., Prof.^a, Dep. de Ciência do Solo, Esc. Sup. de Agric. de Lavras (ESAL).

feiro passa pela fase de formação em viveiro, o que facilita a aplicação destes fungos na cultura.

Um dos principais benefícios decorrentes da micorrização de mudas de cafeeiro é o crescimento mais rápido destas mudas, que, além de diminuir o tempo de permanência no viveiro, reduz os custos de formação e permite sua comercialização ou transplante mais cedo, logo no início do período chuvoso (Colozzi-Filho & Siqueira 1986). Essa vantagem da micorrização é de extrema importância prática para o cafeicultor, pois na região Sudeste, onde se encontram os maiores pólos cafeeiros do Brasil, para se obterem mudas adequadas para o plantio no início do período chuvoso pelo processo tradicional de formação de mudas a semeadura tem de ser feita nos meses de junho, julho, ou, o mais tardar, em agosto, período que coincide com temperaturas baixas na região, o que retarda em muito a germinação das sementes; além disso, coincide também com a colheita do café, prática que compromete toda a mão-de-obra da propriedade. Como a micorrização promove o crescimento mais rápido das mudas (Colozzi-Filho & Siqueira 1986), esta característica permitiria ao cafeicultor iniciar a preparação das mudas para o próximo plantio, um pouco mais tarde, não necessitando realizar a semeadura nos meses mais frios, nem desviar a mão-de-obra utilizada na colheita, para o preparo das mudas.

Outro benefício em decorrência da micorrização seriam as maiores possibilidades que as mudas de cafeeiro micorrizadas apresentam, de superar os estresses que ocorrem durante e após o transplantio (Siqueira et al. 1987 citado por Siqueira & Franco 1988).

Vários estudos sobre a inoculação de mudas de cafeeiro com fungos micorrízicos vesículo-arbusculares indicam a superioridade da *Gigaspora margarita* na promoção do crescimento destas mudas (Lopes et al. 1983b, Antunes et al. 1986 e Colozzi-Filho et al. 1985). Entretanto, os trabalhos realizados com MVA em cafeeiros foram, na sua maioria, conduzidos em casa de vegetação, acrescentando ao substrato apenas diferentes doses de P, não

utilizando, na sua constituição, uma fonte de matéria orgânica, prática, esta, que é amplamente recomendada pelos especialistas e normalmente seguida pelos produtores de mudas.

O presente trabalho constou de dois experimentos: um, conduzido em viveiro comercial; e outro, em casa de vegetação, e teve por objetivo avaliar os efeitos da inoculação do fungo endomicorrízico *Gigaspora margarita*, no crescimento e absorção de nutrientes de mudas de cafeeiro Catuaí, em substrato com e sem adição de esterco de curral e adubado com doses crescentes de superfosfato simples.

MATERIAL E MÉTODOS

Um experimento foi conduzido em condições de casa de vegetação e o outro em viveiro comercial, utilizando-se como substrato amostras de solo coletadas na camada subsuperficial de um Latossolo Roxo distrófico. As características químicas e físicas do solo utilizado antes e depois da adição do esterco de curral encontram-se na Tabela 1.

O esterco de curral utilizado como fonte de matéria orgânica, após ser coletado no estábulo da Escola Superior de Agricultura de Lavras, MG, permaneceu amontoado em um local descoberto, por 90 dias, sendo molhado frequentemente com água para acelerar o processo de fermentação até que se realizasse a decomposição ou cura da matéria orgânica. A análise desse material apresentou na matéria seca: 1,36% de N; 0,44% de P; 0,50% de K; 0,74% de Ca; 0,21% de Mg; 0,12% de S; 68 ppm de B; 42 ppm de Cu; 1438 ppm de Fe; 94 ppm de Mn e 379 ppm de Zn. A porcentagem solo/esterco de curral utilizada em ambos experimentos foi de 70 e 30% em volume, respectivamente, conforme recomenda Carvalho et al. (1978). Depois da adição e mistura do esterco com o solo, procedeu-se à desinfestação da mistura com brometo de metila, utilizando 260 cc/m³ de substrato, mantendo-se cobertura por 48 horas e aeração por 72 horas. Após o enchimento dos recipientes (saquinhos de polietileno e vasos), foram gastos aproximadamente 20 dias para o plantio das mudas de cafeeiro. Durante esse tempo, os recipientes foram cobertos com uma lona de plástico impermeável para evitar mudanças bruscas na fertilidade do substrato. Todas essas práticas realizadas com o esterco de curral foram feitas conforme preconiza Kiehl (1985). No dia da repicagem das mudas de cafeeiro foram retiradas amostras desse substrato e enviadas

TABELA 1. Resultados das análises químicas e físicas de uma amostra do solo utilizado na constituição do substrato, antes e depois da adição de matéria orgânica.

Características do solo	Antes da adição de matéria orgânica	Vinte dias após a adição de matéria orgânica
pH em água	5,6	6,2
Al ⁺⁺⁺ trocável (meq/100 cm ³)	0,1	0,1
Ca ⁺⁺ + Mg ⁺⁺ (meq/100 cm ³)	1,4	5,4
K ⁺ ppm	78	150
P ppm	2	114
Matéria orgânica (%)	1,17	4,10
Areia (%)	14,7	21,0
Limo (%)	26,9	20,0
Argila (%)	58,4	59,0
Classe Textural	Argila	Argila

* Análise realizada pelo laboratório do Departamento de Ciência do Solo da Escola Superior de Agricultura de Lavras. (ESAL) - MG.

para análise de fertilidade, cujos dados se encontram na Tabela 1.

Os tratamentos estudados em ambos os experimentos constaram de seis doses de superfosfato simples, que possuía 18,32 % de P₂O₅; 17,80% de CaO; 11,80% de S e O, 04% de MgO sendo O, 1, 2, 3, 4 e 5 kg/m³ de substrato; presença e ausência da inoculação com o fungo endomicorrízico *Gigaspora margarita* (Becker & Hall) e presença e ausência de matéria orgânica no substrato, delineados inteiramente casualizados em esquema fatorial 6 x 2 x 2; oito repetições, sendo, cada parcela do experimento de casa de vegetação, constituída por um vaso, com 3 litros de substrato, contendo uma muda. No viveiro, a parcela era constituída por 16 saquinhos de polietileno com capacidade para 0,6 l de substrato, sendo que foram consideradas úteis apenas as quatro plantas centrais.

As plantas foram obtidas de sementes da cultivar Cataf Vermelho CH-2077-2-5-44, provenientes da ESAL, germinadas em areia e repicadas quando as plântulas se apresentavam no estágio de orelha-de-onça.

Utilizou-se o fungo *Gigaspora margarita* multiplicado em vasos de cultivo com cafeeiro cultivar Mundo Novo. O inóculo foi o solo-inóculo, ou seja, solo dos vasos de cultivo contendo esporos e segmentos de raízes colonizadas, de modo a fornecer em torno de 50 esporos do fungo por plântula. A inocu-

lação foi realizada simultaneamente com a repicagem. Após a inoculação, cada vaso do experimento de casa de vegetação recebeu 10 ml de um filtrado do solo dos vasos de cultivo, isentos de esporos de fungos MVA, para equilibrar a microbiota. Para o experimento de viveiro, a quantidade de filtrado foi de 5 ml para cada saquinho da parcela. A umidade do solo foi mantida em torno de 60% da capacidade máxima de retenção de água do substrato através de pesagem e regas diárias dos vasos, e no viveiro as regas foram feitas como na produção comercial de mudas, não havendo, portanto, controle rigoroso da umidade.

Aos cento e vinte dias da repicagem e da inoculação, mediu-se a altura das plantas, que depois foram cortadas próximo ao colo. As raízes foram separadas por peneiramento, retirando-se amostras de 1 g para avaliação da taxa de colonização, pelo método da "placa quadriculada" utilizado por Giovannetti & Mosse (1980), após serem clarificadas e coradas pelo método descrito por Phillips & Hayman em 1970.

A parte aérea (caule + folhas) e o sistema radicular foram acondicionados separadamente em saquinhos de papel e secados em estufa com circulação de ar, a 68°C, até a obtenção do peso constante. Em seguida, o material foi moído em moinho tipo Wiley, provido de peneira de aço inoxidável, com vinte malhas por polegada e acondicionado em frascos de vi-

dro para posterior determinação das concentrações de N, P, K, Ca, Mg, B, Cu, Mn e Zn na matéria seca das mudas. O N foi determinado pelo método de Kjeldahl, o B e o P por colorimetria, o K por fotometria de chama, o Ca, Mg, Cu, Mn e Zn por espectrofotometria de absorção atômica através da digestão das amostras com ácido nítrico-perclórico. Os métodos utilizados foram descritos por Sarruge & Haag (1974).

As análises estatísticas foram realizadas de acordo com os programas em uso no Centro de Processamento de Dados da ESAL.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Experimento em casa de vegetação

Produção de matéria seca; altura das plantas e colonização radicular - A inoculação de fungo MVA *Gigaspora margarita*, a presença de matéria orgânica no substrato e a aplicação de diferentes dosagens de superfosfato simples influenciaram a produção de matéria seca e a altura das mudas de café, sendo que as mudas inoculadas apresentaram respostas acentuadas no crescimento, e os benefícios da inoculação foram observados nas dosagens mais baixas de superfosfato simples (Fig. 1 e 2).

A colonização radicular foi afetada pelas dosagens de superfosfato simples aplicadas (Tabela 2 e Fig. 3), mas não pela presença de matéria orgânica no substrato (Tabela 2). Dosagens de superfosfato simples acima de 1,5 kg/m³ de substrato reduziram a colonização micorrízica nas raízes das mudas de café (Fig. 3).

Com relação à matéria orgânica, as mudas que a possuíam no substrato apresentaram maior crescimento, pois, como mostram as Fig. 1 e 2, nos tratamentos onde a matéria orgânica estava presente as respostas encontradas foram bem superiores às dos tratamentos sem matéria orgânica. Não houve interação significativa entre a inoculação e a presença de matéria orgânica no substrato, uma vez que a matéria orgânica não alterou as taxas de colonização radicular.

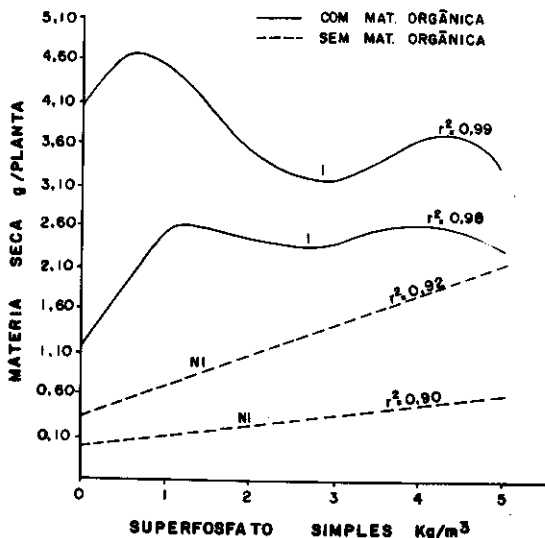


FIG. 1. Efeito da inoculação de *G. margarita*, presença (I) e ausência (NI), na produção de matéria seca de mudas de café, em substrato adubado com superfosfato simples e matéria orgânica. Experimento em casa de vegetação.

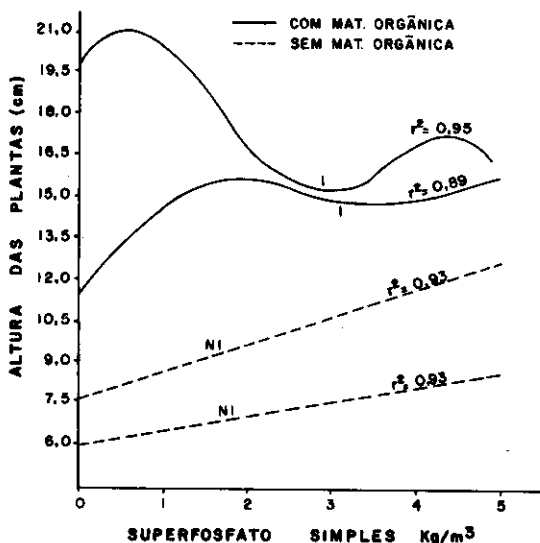


FIG. 2. Efeito da inoculação de *G. margarita*, presença (I) e ausência (NI), no crescimento (altura das plantas), de mudas de café, em substrato adubado com superfosfato simples e matéria orgânica. Experimento em casa de vegetação.

TABELA 2 - Efeito da inoculação de *G. margarita* sem (-M) e com (+M), matéria orgânica e doses de superfosfato simples sobre a produção de matéria seca (MS) e a colonização das raízes (CR) de mudas de cafeeiro. Média de 8 repetições.

Superfosfato simples kg/m ³	Casa de Vegetação				Viveiro Comercial			
	Produção de MS (g)		C. das raízes (%)		Produção de MS (g)		C. das raízes (%)	
	-M	+M	-M	+M	-M	+M	-M	+M
SUBSTRATO SEM MATÉRIA ORGÂNICA								
0	0,16 b B	1,09 b A	-	48,95	0,70 b B	1,30 a A	-	46,44
1	0,20 b B	2,70 a A	-	53,49	1,20 ab B	1,50 a A	3,12	49,32
2	0,29 ab B	2,75 a A	-	52,75	1,22 a B	1,50 a A	2,10	48,15
3	0,49 ab B	2,47 a A	-	46,10	1,40 a B	1,70 a A	-	44,16
4	0,49 ab B	2,56 a A	-	42,85	1,55 a A	1,50 a A	2,12	40,75
5	0,81 a B	2,39 a A	2,41	36,55	1,80 a A	1,55 a A	0,80	35,10
SUBSTRATO COM MATÉRIA ORGÂNICA								
0	0,55 c B	4,16 ab A	-	46,81	2,00 b B	2,75 a A	1,44	47,90
1	0,73 bc B	4,99 a A	-	51,57	2,50 ab B	3,10 a A	-	45,80
2	0,84 bc B	3,60 bc A	-	51,23	2,60 a B	3,00 a A	2,22	46,20
3	1,29 b B	3,11 c A	-	46,83	2,80 a B	2,90 a A	3,10	39,12
4	2,05 a B	3,66 bc A	-	43,60	2,85 a A	2,80 a A	0,89	40,10
5	2,14 a B	3,53 c A	-	38,94	2,95 a A	2,90 a A	1,10	36,56

Médias seguidas de diferentes letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas diferem entre si ($P < 0,05$) pelo teste de Tukey.

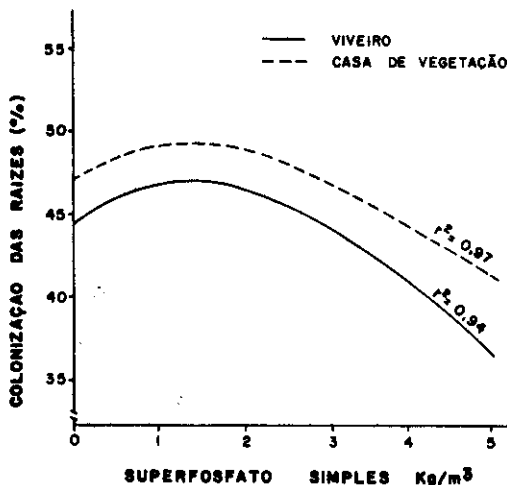


FIG. 3. Efeito da aplicação de superfosfato simples na taxa de colonização das raízes de mudas cafeeiro. Experimento de casa de vegetação e viveiro.

O crescimento máximo das mudas inoculadas ocorreu nas dosagens de 0,5 a 1,0 kg de superfosfato simples por m³ na presença de matéria orgânica, e entre 1,2 a 1,5 kg de superfosfato simples na ausência de matéria orgânica, como mostram as curvas de regressão para a produção de matéria seca e altura das plantas apresentadas nas Fig. 1 e 2.

Na Fig. 3 encontram-se as taxas de colonização nas raízes das mudas de cafeeiro, em função das diferentes dosagens de superfosfato simples aplicadas. Comparando-se a curva de colonização apresentada na Fig. 3 com as curvas de regressão obtidas para as características de crescimento que se encontram nas Fig. 1 e 2, observa-se que no intervalo onde ocorreram as maiores taxas de colonização nas raízes (aproximadamente 1 kg de superfosfato simples) ocorreram também maiores respostas para as características de crescimento avalia-

das, o que mostra que neste intervalo o fungo *G. margarita* apresentou sua maior contribuição para o crescimento das mudas de café. As demais interações ocorridas em função dos diferentes tratamentos aplicados, como podem ser observadas nas curvas de regressão mostradas nas Fig. 1 e 2 - tais como a diminuição do crescimento das mudas até a dosagem de 3 kg de superfosfato simples e um novo aumento até 4,5 kg aplicados para um posterior decréscimo no crescimento, acima de 4,5 kg de superfosfato simples - foram apresentadas e discutidas em Souza et al. (1987).

Aspectos nutricionais

Os efeitos dos tratamentos sobre as concentrações e quantidades acumuladas de N, P, K, Ca, Mg, B, Cu, Mn e Zn são apresentadas nas Tabelas 3 e 4. As mudas de café colonizadas pelo fungo *G. margarita* apresentaram concentrações e quantidades acumuladas mais elevadas de P do que as não-colonizadas, tanto na ausência como na presença de matéria orgânica no substrato para todas as dosagens de superfosfato simples aplicadas (Fig. 4 e Tabelas 3 e 4). Nesta mesma Fig. e Tabelas, verifica-se que as maiores concentrações e quantidades acumuladas de P foram obtidas nas mudas micorrizadas, com a presença de matéria orgânica no substrato, o que mostra que na sua presença a inoculação foi mais eficiente em acumular P.

As concentrações e quantidades acumuladas de N, K, Ca e Mg também foram afetadas pelos tratamentos, conforme mostram as Tabelas 3 e 4. A aplicação das diferentes dosagens de superfosfato simples diminuíram as concentrações de N, nas mudas sem inoculação. Nas mudas micorrizadas, houve também uma diminuição nas concentrações de N, principalmente no intervalo onde o fungo apresentou os maiores benefícios para as mudas de café, fato também constatado por Colozzi-Filho & Siqueira (1986). Para o Ca e o Mg, houve também modificação nas concentrações destes nutrientes em função das dosagens de superfosfato simples aplicadas. No caso do Ca, as

dosagens de superfosfato simples aumentaram a concentração deste macronutriente na matéria seca das mudas de café, tanto nas mudas micorrizadas com *G. margarita*, como nas não-micorrizadas. E em relação ao Mg, ocorreu uma diminuição deste macronutriente com o aumento das dosagens de superfosfato simples adicionadas ao substrato, e para a micorrização, maiores concentrações de Mg foram determinadas na matéria seca das mudas.

Nas Tabelas 3 e 4, encontram-se as concentrações de K, e observa-se que maiores dosagens de superfosfato simples resultaram em menores concentrações de K. No caso da inoculação, foram observadas maiores concentrações de K nas mudas micorrizadas na presença de matéria orgânica; por outro lado, nas mudas micorrizadas na ausência de matéria orgânica, menores concentrações de K foram determinadas, se comparadas com as mudas não-micorrizadas que não receberam matéria orgânica. Ao que tudo indica, a maior concentração de K encontrada nas mudas micorrizadas na presença de matéria orgânica é decorrente de uma interação entre a inoculação e a matéria orgânica, e não propriamente da inoculação em si.

Com relação à matéria orgânica, quando se compararam as Tabelas 3 e 4, verifica-se que na sua presença foram encontradas maiores concentrações de todos os macronutrientes estudados, ou seja, todos estes nutrientes foram beneficiados com a adição de matéria orgânica ao substrato, e esta, juntamente com o fungo *G. margarita*, proporcionou maiores benefícios nutricionais às mudas de café em relação a estes nutrientes estudados.

As concentrações dos micronutrientes B, Cu, Mn, Zn também foram influenciadas pelos tratamentos estudados (Tabelas 3 e 4). Houve redução nas concentrações de Cu e Mn nas mudas à medida que se elevaram as dosagens de superfosfato simples. No caso do Zn, não houve influência das dosagens aplicadas e para o B, e o efeito das dosagens não apresentou respostas constantes, mas chegou a indicar menores concentrações de B com o aumento destas. Considerando que o superfosfato sim-

TABELA 3 - Concentrações e quantidades acumuladas de nutrientes em mudas de café micorrizadas (+M) e não-micorrizadas (-M) com *G. margarita*, em substrato sem matéria orgânica, adubado com doses crescentes de superfosfato simples. Média de 8 repetições. Experimento de casa de vegetação.

Nutriente	Micorrização ¹	Superfosfato simples, kg/m ³					Regressão		
		0	1	2	3	4	5	* Efeito	r ²
CONCENTRAÇÕES									
N(%)	-M	3,88	3,90	3,89	3,30	3,09	3,13	Q	0,90
	+M	2,73	2,62	2,60	3,53	3,50	3,50	Q	0,86
P(%)	-M	0,06	0,05	0,05	0,06	0,05	0,06	-	-
	+M	0,06	0,09	0,09	0,08	0,08	0,10	C	0,98
K(%)	-M	2,20	2,50	2,30	2,20	2,10	2,50	C	0,91
	+M	2,23	1,60	1,64	1,63	1,47	1,60	C	0,87
Ca(%)	-M	0,75	0,84	0,85	0,86	0,90	0,96	-	-
	+M	0,91	0,99	0,95	1,03	1,03	1,04	-	-
Mg(%)	-M	0,34	0,25	0,23	0,21	0,21	0,19	Q	0,93
	+M	0,31	0,26	0,26	0,23	0,21	0,27	Q	0,81
B(ppm)	-M	26,30	20,90	22,40	24,20	26,50	35,20	Q	0,96
	+M	52,40	43,30	33,70	35,80	37,00	34,30	C	0,92
Cu(ppm)	-M	5,10	4,90	4,60	4,00	3,50	6,00	Q	0,88
	+M	12,70	11,30	11,00	10,10	9,80	9,00	L	0,80
Mn(ppm)	-M	168,50	152,70	124,50	128,00	126,00	121,50	-	-
	+M	96,00	80,80	66,80	71,00	114,80	118,50	Q	0,95
Zn(ppm)	-M	26,50	32,20	22,20	29,20	28,90	19,30	C	0,76
	+M	18,30	14,20	13,60	18,00	16,30	20,50	C	0,71
QUANTIDADES ACUMULADAS									
N(mg/pl.)	-M	6,21	7,80	11,28	16,17	15,14	25,35	Q	0,80
	+M	29,76	70,74	71,50	87,19	90,88	83,65	Q	0,82
P(mg/pl.)	-M	0,10	0,10	0,15	0,29	0,24	0,49	Q	0,89
	+M	0,65	2,43	2,48	1,98	2,05	2,39	C	0,92
K(mg/pl.)	-M	3,52	5,00	6,67	10,78	10,29	20,25	Q	0,88
	+M	24,31	43,20	45,10	40,26	37,63	38,24	C	0,77
Ca(mg/pl.)	-M	1,20	1,68	2,46	4,21	4,41	7,78	L	0,89
	+M	9,92	26,73	26,12	25,44	26,37	24,86	C	0,83
Mg(mg/pl.)	-M	0,54	0,50	0,67	1,03	1,03	1,54	Q	0,81
	+M	3,38	7,02	7,15	5,68	5,38	6,45	C	0,90
B (µg/pl.)	-M	4,21	4,18	6,50	11,86	12,99	28,51	Q	0,86
	+M	57,11	116,91	92,68	88,43	94,72	81,98	C	0,92
Cu (µg/pl.)	-M	0,81	0,98	1,33	1,96	1,72	4,86	C	0,86
	+M	13,84	30,51	30,25	24,95	25,09	21,51	C	0,93
Mn (µg/pl.)	-M	26,96	44,28	36,10	62,72	56,84	98,42	C	0,72
	+M	104,64	218,16	183,70	175,37	293,89	282,02	C	0,89
Zn (µg/pl.)	-M	4,24	6,44	6,44	14,31	14,16	15,63	Q	0,96
	+M	19,95	38,34	37,40	44,46	41,73	49,00	C	0,91

1 -M: sem *G. margarita* e +M: com *G. margarita*. * Efeito L: Linear, Q: quadrático e C: cúbico.

TABELA 4 - Concentrações e quantidades acumuladas de nutrientes em mudas de café micorrizadas (+M) e não-micorrizadas (-M) com *G. margarita*, em substrato com matéria orgânica, adubado com doses crescentes de superfosfato simples. Média de 8 repetições. Experimento de casa de vegetação.

Nutriente	Micorrização ¹	Superfosfato simples, kg/m ³					Regressão		
		0	1	2	3	4	5	* Efeito	r ²
CONCENTRAÇÕES									
N(%)	-M	3,70	3,95	3,60	3,65	3,60	3,30	-	-
	+M	3,10	3,06	3,05	3,20	3,35	3,20	-	-
P(%)	-M	0,04	0,05	0,04	0,06	0,06	0,06	L	0,67
	+M	0,17	0,17	0,17	0,16	0,16	0,16	-	-
K(%)	-M	3,08	2,80	2,95	2,90	2,65	2,55	C	0,94
	+M	3,06	3,00	3,03	2,97	2,84	2,75	-	-
Ca(%)	-M	0,80	0,94	0,98	1,06	1,04	1,08	Q	0,89
	+M	0,82	0,90	0,98	1,10	1,10	1,08	Q	0,90
Mg(%)	-M	0,31	0,29	0,29	0,27	0,26	0,25	L	0,80
	+M	0,32	0,30	0,30	0,29	0,28	0,28	-	-
B(ppm)	-M	41,10	46,00	39,50	43,70	35,60	41,40	-	-
	+M	30,10	35,70	39,90	40,30	48,40	47,80	Q	0,84
Cu(ppm)	-M	6,90	6,10	5,90	5,40	4,60	8,80	Q	0,92
	+M	16,30	15,90	14,80	14,10	14,20	12,50	Q	0,85
Mn(ppm)	-M	92,50	90,00	86,20	90,50	106,80	152,00	Q	0,88
	+M	75,20	71,50	81,50	77,50	74,20	92,20	-	-
Zn(ppm)	-M	23,00	24,60	21,00	27,10	25,70	26,10	-	-
	+M	24,20	24,90	25,00	23,40	28,60	24,80	-	-
QUANTIDADES ACUMULADAS									
N(mg/pl.)	-M	20,35	28,84	30,24	47,08	73,80	70,62	Q	0,89
	+M	128,96	152,64	109,80	99,52	122,61	112,96	C	0,88
P(mg/pl.)	-M	0,22	0,36	0,34	0,77	1,23	1,28	L	0,78
	+M	7,07	8,48	6,12	4,98	5,86	5,65	C	0,82
K(mg/pl.)	-M	16,94	20,44	24,78	37,41	54,32	54,57	L	0,90
	+M	127,30	149,70	109,08	92,37	96,99	97,08	Q	0,87
Ca(mg/pl.)	-M	4,40	6,86	8,23	13,67	21,32	23,11	L	0,91
	+M	34,11	44,91	35,28	34,21	40,26	38,12	C	0,79
Mg(mg/pl.)	-M	1,70	2,12	2,44	3,48	5,33	5,35	L	0,84
	+M	13,31	14,97	10,80	9,02	10,25	9,88	C	0,98
B (µg/pl.)	-M	22,60	33,58	33,18	56,37	72,98	88,60	Q	0,95
	+M	125,22	178,14	143,64	125,33	177,14	168,74	C	0,76
Cu (µg/pl.)	-M	3,80	4,45	4,96	6,97	9,43	18,83	L	0,80
	+M	67,81	79,34	53,28	43,85	51,97	44,12	C	0,72
Mn (µg/pl.)	-M	50,88	65,70	72,41	116,74	218,94	325,28	L	0,96
	+M	312,83	356,79	293,40	241,02	271,57	325,47	Q	0,90
Zn (µg/pl.)	-M	12,65	17,96	17,64	34,96	52,68	55,85	L	0,78
	+M	100,67	124,25	90,00	72,77	104,68	87,54	C	0,58

1 -M: sem *G. margarita* e +M: com *G. margarita*. * Efeito L: Linear, Q: quadrático e C: cúbico.

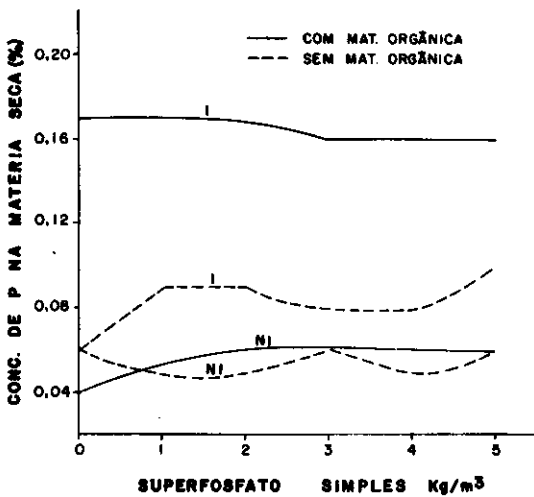


FIG. 4. Efeito da inoculação de *G. margarita*, presença (I) e ausência (NI), para a concentração de P, na matéria seca de mudas de café, em substrato adubado com superfosfato simples e matéria orgânica. Experimento de casa de vegetação (dados observados).

ples, a inoculação micorrízica e a matéria orgânica aumentaram o crescimento das mudas, estas menores concentrações encontradas estão associadas aparentemente ao maior crescimento vegetativo da planta, proporcionando uma diluição de tais micronutrientes no seu tecido (Jarrel & Beverly 1981). Somente na ausência de matéria orgânica a inoculação aumentou os teores de B. Na presença desta e na ausência de inoculação, as maiores concentrações de B determinadas foram oriundas dos efeitos benéficos da matéria orgânica, pois, segundo Malavolta (1986), a matéria orgânica é a principal fonte de B para as plantas em nossos solos.

Para o Cu, verifica-se, neste experimento, que a inoculação foi efetiva em aumentar as concentrações deste micronutriente na matéria seca das mudas de café, tanto na presença de matéria orgânica como na sua ausência (Tabelas 3 e 4). Maiores concentrações de Cu em mudas de café foram obtidas também por outros autores (Colozzi-Filho & Siqueira

1986). Tudo indica que o maior crescimento das mudas micorrizadas deste experimento foram decorrentes também da melhor nutrição de Cu proporcionada a estas mudas pela inoculação do fungo *G. margarita*.

No entanto, para o Zn, que é outro elemento normalmente beneficiado pela inoculação micorrízica, devido à sua baixa mobilidade no solo, não foram detectadas maiores concentrações deste elemento, sendo que na ausência de matéria orgânica houve redução nas concentrações de Zn, nas mudas micorrizadas (Tabela 3). A inoculação diminuiu também as concentrações de Mn na matéria seca das mudas. Estes resultados podem ser considerados efeito diluição, em função do maior crescimento das mudas micorrizadas, como relatado por Colozzi-Filho & Siqueira (1986). Porém, o que se tem observado em relação ao Mn em plantas micorrizadas é que há uma diminuição das concentrações encontradas quando estas plantas são cultivadas em solos onde este elemento se encontra em níveis elevados (Siqueira et al. 1987 citado por Siqueira & Franco (1988), como, normalmente, ocorre nos solos sob vegetação de cerrado.

Quanto às quantidades acumuladas, em todos os nutrientes houve aumento destas em decorrência da inoculação (Tabelas 3 e 4), o que reflete as modificações na produção de matéria seca proporcionadas pelo fungo *G. margarita*. As análises de regressão mostraram que para os nutrientes determinados na ausência de inoculação os ajustes encontrados foram, na sua maioria, lineares, e na presença de inoculação foram quadráticos e cúbicos, tanto na presença como na ausência de matéria orgânica.

Experimento de viveiro comercial

Produção de matéria seca, altura das plantas e colonização radicular - Neste experimento, os tratamentos estudados influenciaram também a produção de matéria seca e a altura das mudas de café. As diferentes dosagens de superfosfato simples aplicadas proporcionaram a obtenção de maiores respos-

tas para a produção de matéria seca e para a altura das mudas que não receberam inoculação; no entanto, para as mudas micorrizadas com *G. margarita*, não houve influência das diferentes dosagens de superfosfato simples para estas características de crescimento avaliadas (Fig. 5 e 6). Para a colonização radicular, as dosagens de superfosfato simples acima de 1,5 kg/m³ de substrato proporcionaram uma queda na taxa de colonização nas raízes; quanto maior era a quantidade de superfosfato simples aplicada, menor era a colonização das raízes (Fig. 3). Tal como no outro experimento, realizado em casa de vegetação, a presença de matéria orgânica no substrato não alterou as taxas de colonização radicular (Tabela 2).

Para a inoculação micorrízica, houve efeito do fungo para a produção de matéria seca, pois, como pode ser observado na Tabela 2, nos tratamentos inoculados a produção de matéria seca foi superior à dos tratamentos não-inoculados; o que não ocorreu foi efeito para as dosagens de superfosfato simples apli-

cadas, ou seja, na presença de inoculação tanto a dosagem 0,0 kg de superfosfato simples como a dosagem 5,0 kg foram estatisticamente iguais. Embora tenham ocorrido efeitos positivos da inoculação para estas mudas, a magnitude das respostas encontradas foi inferior às encontradas no experimento de casa de vegetação descrito anteriormente e às descritas por Lopes et al. (1983b); Colozzi-Filho & Siqueira (1986) e Zambolim et al. (1986).

Com relação à matéria orgânica, verifica-se, pelas Tabelas 5 e 6, que na sua presença houve um aumento considerável das respostas para as características avaliadas. A importância da matéria orgânica para a produção de mudas de cafeeiro foi constatada e discutida por Carvalho et al. (1978).

Pela Fig. 3 verifica-se que houve o estabelecimento do fungo; somente a sua efetividade é que foi diminuída, pois de acordo com Colozzi-Filho & Siqueira (1986), taxas de colonização radicular superiores a 30% são suficientes para promover um melhor crescimento

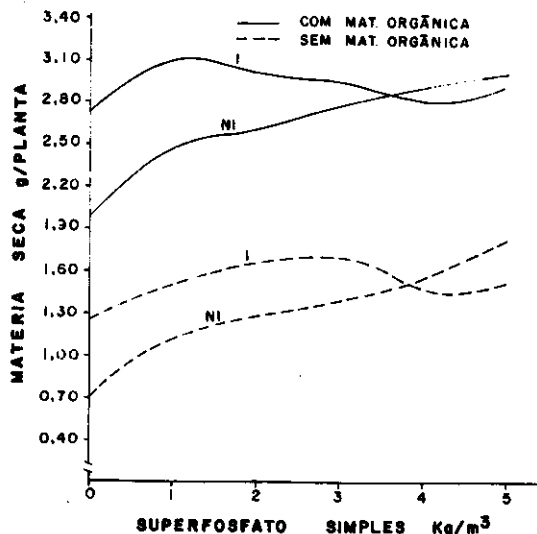


FIG. 5. Efeito da inoculação de *G. margarita*, presença (I) e ausência (NI), na produção de matéria seca de mudas de cafeeiro, em substrato adubado com superfosfato simples e matéria orgânica. Experimento de viveiro comercial (dados observados).

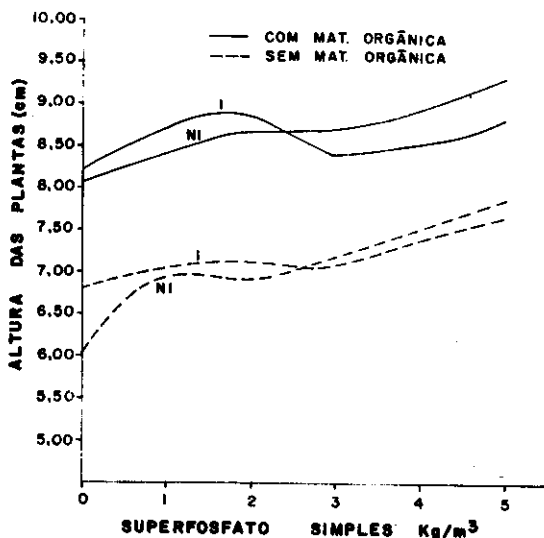


FIG. 6. Efeito da inoculação de *G. margarita*, presença (I) e ausência (NI) no crescimento (altura das plantas) de mudas de cafeeiro, em substrato adubado com superfosfato simples e matéria orgânica. Experimento de viveiro comercial (dados observados).

TABELA 5 - Concentrações e quantidades acumuladas de nutrientes em mudas de café micorrizadas (+M) e não-micorrizadas (-M) com *G. margarita*, em substrato sem matéria orgânica, adubado com doses crescentes de superfosfato simples. Média de 8 repetições. Experimento de viveiro comercial.

Nutriente	Micorrização ¹	Superfosfato simples, kg/m ³						Regressão	
		0	1	2	3	4	5	* Efeito	r ²
CONCENTRAÇÕES									
N(%)	-M	2,95	2,87	2,92	2,97	3,03	2,85	-	-
	+M	2,90	2,90	3,01	3,06	3,10	3,03	-	-
P(%)	-M	0,16	0,17	0,19	0,20	0,21	0,21	-	-
	+M	0,18	0,17	0,20	0,21	0,19	0,19	-	-
K(%)	-M	1,73	1,78	2,06	1,64	1,62	1,45	Q	0,87
	+M	1,34	1,52	1,50	1,90	1,84	1,95	Q	0,81
Ca(%)	-M	0,27	0,37	0,38	0,49	0,63	0,79	L	0,85
	+M	0,58	0,50	0,52	0,51	0,51	0,68	C	0,94
Mg(%)	-M	0,25	0,19	0,22	0,20	0,21	0,18	C	0,82
	+M	0,27	0,21	0,24	0,26	0,23	0,23	C	0,90
B(ppm)	-M	80,00	87,80	79,50	64,90	75,10	71,00	C	0,76
	+M	55,10	56,30	65,30	70,40	66,30	80,00	C	0,97
Cu(ppm)	-M	8,90	14,10	13,90	14,40	12,40	13,50	C	0,94
	+M	17,80	12,90	14,50	14,80	12,40	13,50	C	0,79
Mn(ppm)	-M	225,90	115,90	111,60	126,60	131,80	135,20	Q	0,83
	+M	146,20	92,00	91,00	88,00	84,90	88,80	Q	0,86
Zn(ppm)	-M	27,50	21,10	21,40	34,10	23,30	21,10	C	0,81
	+M	24,40	20,80	23,00	26,60	30,50	25,50	C	0,85
QUANTIDADES ACUMULADAS									
N(mg/pl.)	-M	20,65	34,44	35,62	41,58	46,96	51,30	L	0,89
	+M	37,70	43,50	45,15	52,02	46,50	46,96	Q	0,94
P(mg/pl.)	-M	1,12	2,04	2,32	2,80	3,26	3,78	L	0,92
	+M	2,34	2,55	3,00	3,57	2,85	2,94	Q	0,79
K(mg/pl.)	-M	23,80	40,32	40,50	44,80	51,92	58,50	L	0,81
	+M	44,20	51,30	50,25	56,10	50,25	50,38	Q	0,82
Ca(mg/pl.)	-M	1,89	4,44	4,64	6,86	9,77	14,22	L	0,85
	+M	7,54	7,50	7,80	8,67	7,50	10,54	C	0,94
Mg(mg/pl.)	-M	1,75	2,28	2,68	2,80	3,15	3,24	L	0,83
	+M	3,51	3,15	3,60	4,42	3,45	3,56	C	0,90
B (µg/pl.)	-M	56,50	105,36	96,99	90,86	116,40	127,80	C	0,97
	+M	71,63	84,45	97,95	119,68	99,45	124,00	C	0,92
Cu (µg/pl.)	-M	6,23	16,92	16,96	20,16	19,22	24,30	C	0,90
	+M	22,75	19,35	21,75	25,16	18,60	21,86	C	0,96
Mn (µg/pl.)	-M	158,13	139,08	136,15	177,24	204,29	243,36	Q	0,84
	+M	190,06	138,00	136,50	149,60	127,35	137,64	C	0,89
Zn (µg/pl.)	-M	19,25	25,32	26,11	47,74	36,12	37,98	C	0,98
	+M	31,72	31,20	34,50	45,22	45,75	39,52	C	0,97

1 -M: sem *G. margarita* e +M: com *G. margarita*. * Efeito L: Linear, Q: quadrático e C: cúbico.

TABELA 6 - Concentrações e quantidades acumuladas de nutrientes em mudas de café micorrizadas (+M) e não-micorrizadas (-M) com *G. margarita*, em substrato com matéria orgânica, adubado com doses crescentes de superfosfato simples. Média de 8 repetições. Experimento de viveiro comercial.

Nutriente	Micorrização ¹	Superfosfato simples, kg/m ³					Regressão		
		0	1	2	3	4	5	* Efeito	r ²
CONCENTRAÇÕES									
N(%)	-M	3,50	3,65	3,60	3,50	3,55	3,40	-	-
	+M	3,15	2,95	3,00	3,10	3,08	3,06	-	-
P(%)	-M	0,19	0,20	0,20	0,22	0,22	0,21	-	-
	+M	0,21	0,22	0,23	0,22	0,22	0,21	-	-
K(%)	-M	2,20	2,12	2,28	2,06	1,73	2,13	C	0,80
	+M	1,87	1,77	1,67	1,57	1,06	1,10	L	0,75
Ca(%)	-M	0,31	0,31	0,31	0,33	0,50	0,56	L	0,83
	+M	0,51	0,45	0,56	0,49	0,70	1,00	Q	0,75
Mg(%)	-M	0,28	0,26	0,26	0,26	0,24	0,24	Q	0,90
	+M	0,31	0,28	0,28	0,28	0,27	0,26	Q	0,92
B(ppm)	-M	63,40	51,70	63,20	73,30	61,60	78,50	C	0,70
	+M	68,30	53,60	76,60	71,90	54,10	65,00	C	0,66
Cu(ppm)	-M	16,20	16,20	16,50	13,50	16,00	8,20	C	0,80
	+M	12,00	9,20	4,50	10,30	9,20	12,10	C	0,66
Mn(ppm)	-M	148,60	93,10	90,80	112,00	123,40	120,10	C	0,97
	+M	69,00	69,10	71,10	73,40	76,50	73,60	-	-
Zn(ppm)	-M	24,00	20,00	18,90	18,20	22,10	20,40	-	-
	+M	19,70	21,20	23,20	19,30	19,60	18,20	-	-
QUANTIDADES ACUMULADAS									
N(mg/pl.)	-M	70,00	91,25	93,60	98,00	101,18	100,30	L	0,82
	+M	86,62	91,45	91,20	89,90	86,24	88,74	-	-
P(mg/pl.)	-M	3,80	5,00	5,20	6,16	6,27	6,20	L	0,74
	+M	5,78	6,82	6,90	6,38	6,16	6,09	-	-
K(mg/pl.)	-M	69,00	82,50	87,10	92,40	96,90	98,82	L	0,89
	+M	96,25	104,78	103,20	98,60	95,20	97,15	-	-
Ca(mg/pl.)	-M	17,00	21,25	23,40	25,20	25,65	28,02	L	0,86
	+M	16,50	21,70	21,00	26,10	30,80	37,70	L	0,83
Mg(mg/pl.)	-M	5,60	6,50	6,76	7,28	6,84	7,08	Q	0,92
	+M	8,52	8,68	8,40	8,12	7,56	7,54	-	-
B (µg/pl.)	-M	126,80	129,25	164,32	205,24	175,56	231,58	C	0,96
	+M	187,82	166,16	229,80	208,51	151,48	188,50	C	0,54
Cu (µg/pl.)	-M	32,40	40,50	42,90	37,80	45,60	24,19	C	0,58
	+M	33,00	28,52	13,50	29,87	25,76	35,09	C	0,56
Mn (µg/pl.)	-M	297,20	232,72	236,08	313,60	351,69	354,30	Q	0,88
	+M	189,75	214,21	213,30	212,86	214,20	213,44	Q	0,79
Zn (µg/pl.)	-M	48,00	50,00	49,14	50,96	62,98	60,18	C	0,73
	+M	54,18	65,72	69,60	55,97	54,88	52,78	Q	0,87

1 -M: sem *G. margarita* e +M: com *G. margarita*. * Efeito L: Linear, Q: quadrático e C: cúbico.

das mudas micorrizadas, e neste experimento, as taxas de colonização radicular encontradas foram, em média, superiores a 30%.

Analisando a magnitude das respostas encontradas para a inoculação micorrízica deste experimento, algumas considerações devem ser feitas, como segue: os experimentos tomados como referência para termos de comparação (Lopes et al. 1983b, Colozzi-Filho & Siqueira 1986 e Zambolim et al. 1986) foram conduzidos em casa de vegetação ou telados, onde grande parte dos fatores que interferem no crescimento das plantas podem ser controlados ou atenuados. No entanto, no presente experimento, desde a repicagem e a inoculação, as mudas micorrizadas foram levadas para um viveiro comercial, onde estavam sendo formadas 100 mil mudas de cafeeiro, e todas as práticas culturais realizadas nas mudas comerciais foram realizadas também nas mudas do experimento, tomando-se os devidos cuidados para evitar contaminação dos canteiros inoculados. Por esta razão, não é viável cientificamente realizar comparações entre estes experimentos, pois mesmo sendo o fungo micorrízico e a cultura os mesmos, as condições a que estes foram submetidos em um e outro experimento foram bem distintas.

Salienta-se, também, que nos levantamentos realizados em cafezais dos estados de Minas Gerais (Siqueira et al. 1987 e Fernandes & Siqueira 1989) e São Paulo (Lopes et al. 1983a), a espécie *G. margarita*, que tem apresentado alta efetividade simbiótica para mudas de cafeeiro em condições controladas, é de ocorrência restrita nas lavouras cafeeiras comerciais; isto implica o fato de que esta espécie de fungo MVA terá de ser adaptada ou melhorada, para suportar as variações de clima e de solo e a competição feita por outros microrganismos e espécies nativas de outros fungos MVA, caso se pretenda utilizá-la como inoculante comercial.

Aspectos nutricionais

Os efeitos dos tratamentos sobre as concentrações e as quantidades acumuladas de N, P, K, Ca, Mg, B, Cu, Mn e Zn são apresentados

nas Tabelas 5 e 6. Para este experimento, a inoculação de *G. margarita* em relação às dosagens de superfosfato simples não apresentaram benefícios para a nutrição fosfatada das mudas. Quanto à matéria orgânica observa-se, na Tabela 6, que nos tratamentos onde esta se encontrava presente no substrato, concentrações mais elevadas de P foram determinadas na matéria seca das mudas de cafeeiro.

O principal benefício obtido com a micorrização é a melhor nutrição em P das plantas micorrizadas (Mosse 1973, Tinker 1975, Abbott & Robson 1984 e Siqueira & Colozzi-Filho 1986). Porém, neste experimento não se observou aumento nas concentrações de P nas plantas micorrizadas e nem para as diferentes dosagens de superfosfato simples aplicadas. Estas evidências indicam que outros fatores, como: temperatura, luz, falta de controle da umidade do substrato, aeração e microrganismos possivelmente influenciaram a efetividade do fungo e o crescimento normal das plantas.

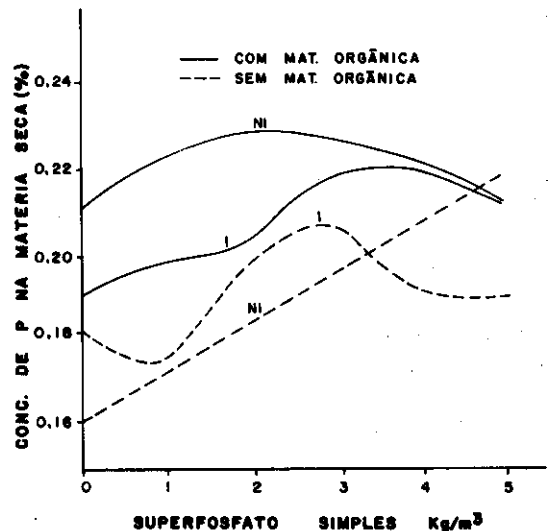


FIG. 7. Efeito da inoculação de *G. margarita*, presença (I) e ausência (NI), para a concentração de P, na matéria seca de mudas de cafeeiro, em substrato adubado com superfosfato simples e matéria orgânica. Experimento de viveiro comercial (dados observados).

As concentrações de N, K, Ca, Mg (Tabelas 5 e 6) foram influenciadas pelos tratamentos estudados. As dosagens de superfosfato simples aplicadas reduziram as concentrações de K e Mg, aumentaram as concentrações de Ca, e não alteraram as concentrações de N. A inoculação reduziu as concentrações de N na presença de matéria orgânica e as concentrações de K, tanto na presença como na ausência de matéria orgânica. Por outro lado, beneficiou as concentrações de Ca e de Mg, na presença e ausência de matéria orgânica.

Nas Tabelas 5 e 6 encontra-se, também, a influência dos tratamentos sobre as concentrações de B, Cu, Mn e Zn. As dosagens de superfosfato simples aplicadas diminuíram as concentrações de Mn, e, embora não fossem constantes, chegaram a indicar menores concentrações de B, Cu e Zn. Neste experimento, as mudas micorrizadas apresentaram menores concentrações de B, na ausência de matéria orgânica, redução nas concentrações de Cu e Mn e não-alteração, nas concentrações de Zn.

O que se observou mais uma vez, neste experimento, foi que para as mudas micorrizadas houve uma redução significativa nas concentrações de Mn, sem, no entanto, ocorrer crescimento significativo das plantas que indicasse efeito diluição. Observou-se, também, que na presença de matéria orgânica concentrações ainda menores de Mn foram determinadas na matéria seca das mudas de cafeeiro. Estes dados sugerem que a micorrização de plantas juntamente com a matéria orgânica pode apresentar efeito somativo em atenuar a toxidez de Mn, em solos, onde o teor deste elemento é elevado (Souza 1987).

Para as características nutricionais das mudas deste experimento, mais uma vez a matéria orgânica mostrou seus efeitos benéficos para a nutrição das plantas, fato que está bem documentado em Kiehl (1985).

Quanto às quantidades acumuladas, nos tratamentos não inoculados, maiores dosagens de superfosfato simples aplicadas resultaram em maior produção de matéria seca, que implica também maiores quantidades de nutrientes acumulados. Nos tratamentos micorrizados,

embora não apresentassem diferenças estatisticamente significativas para a produção de matéria seca, em função das diferentes dosagens de superfosfato simples aplicadas, nas dosagens de 4 e 5 kg/m³, verificou-se uma tendência de menor produção de matéria seca (Tabela 2), e isto refletiu nas quantidades acumuladas de nutrientes, pois nestas dosagens, de modo geral (Tabelas 5 e 6), a quantidade acumulada foi menor.

A micorrização das plantas e os seus efeitos sobre as concentrações e quantidades de nutrientes são resultados de efeitos diretos do fungo sobre os mecanismos de absorção destes nutrientes, ou de efeitos secundários resultantes da interação entre estes nutrientes e o maior ou menor crescimento das plantas (Abbott & Robson 1984 e Colozzi-Filho & Siqueira 1986). Estes autores, comentam, ainda, que a interpretação de dados obtidos de experimentos dessa natureza deve ser feita com cuidado, evitando-se conclusões errôneas sobre o papel das MVA na nutrição mineral das plantas. Em condições de baixa disponibilidade de P, geralmente as plantas micorrizadas apresentam maior crescimento que as não-micorrizadas cultivadas nestas mesmas condições. Por outro lado, em condições de alta disponibilidade de P, as plantas não micorrizadas apresentam maior crescimento, e as micorrizadas podem apresentar baixas taxas de colonização micorrízica e profundas alterações na absorção e translocação de certos nutrientes (Siqueira & Colozzi-Filho 1986). Assim, ao longo do fornecimento de várias dosagens de P, a comparação das concentrações de nutrientes em plantas pode refletir outros mecanismos, e não, propriamente, o efeito da micorrização.

Com base nestes fatos, pode-se concluir que, das respostas apresentadas neste trabalho, a inoculação micorrízica elevou apenas as concentrações de P e Cu e diminuiu as concentrações de N e Mn, no experimento de casa de vegetação. Para o experimento de viveiro comercial, as contribuições nutricionais da micorrização foram pequenas: elevação nas concentrações de Ca e Mg, e a diminuição nas

concentrações de Mn. As demais modificações ocorridas nas concentrações de outros nutrientes resultaram provavelmente de efeitos secundários da micorrização, maior ou menor crescimento das mudas ou maior disponibilidade de P no substrato, em função das doses crescentes de superfosfato simples aplicadas e da presença de matéria orgânica no substrato.

Embora ambos os experimentos apresentassem os mesmos tratamentos, as respostas encontradas foram bem distintas para um e outro experimento: No experimento de casa de vegetação, a micorrização contribuiu para um melhor estado nutricional das mudas, e, conseqüentemente, para um maior crescimento destas. No entanto, para o experimento de viveiro comercial, a contribuição da micorrização foi de menor magnitude. Porém é importante lembrar que as micorrizas são influenciadas por fatores inerentes à planta hospedeira, ao fungo e ao ambiente (solo e clima), e que estes fatores exercem grande influência sobre a formação, o funcionamento e as relações ecológicas dessa simbiose. Estes fatores foram revisados e bem comentados por Siqueira & Franco (1988).

Diferentes diâmetros de substrato influenciam também o crescimento de mudas de café (Caixeta et al. 1976), citado por Souza (1987), sendo que o melhor crescimento das mudas foi verificado em substratos que possuíam maior diâmetro. Como no experimento de casa de vegetação, os vasos usados apresentavam capacidade para 3 litros de substrato, e no de viveiro comercial os saquinhos de polietileno apresentavam capacidade para 0,6 l de substrato, é possível que a diferença existente entre um recipiente e outro tenha influenciado a magnitude das respostas encontradas. O maior crescimento das plantas, em casa de vegetação pode ter resultado em esgotamento mais rápido dos nutrientes na proximidade das raízes, favorecendo a atuação da micorriza na exploração de um maior volume de solo.

A diversidade das respostas encontradas entre um e outro experimento mostra que os fungos formadores de micorrizas vesículo-arbus-

culares sofrem influência marcante das variações edafoclimáticas, razão pela qual há que se preocupar com a sua adaptabilidade ao sistema, ao utilizá-los como inoculantes comerciais. Outro fator a ser considerado é que estes fungos são simbiotróficos obrigatórios (Siqueira & Franco 1988), só podendo ser propagados quando associados a uma planta viva. Esse sistema de multiplicação não segue metodologia definida, e apresenta dificuldades operacionais para se obter grandes quantidades de inóculo com qualidade confiável.

O fato de que o fungo MVA *Gigaspora margarita* tem-se mostrado mais efetivo para o café em condições controladas, mas não ocorre naturalmente nas lavouras cafeeiras, como mostram os levantamentos realizados em várias regiões, faz com que este fungo, ao ser inoculado em viveiros comerciais - como é o caso deste experimento, ou em plantios no campo -, apresente dificuldades em se adaptar ao novo sistema, pois não está preparado para suportar as variações ambientais e a concorrência proporcionada por outros microorganismos do solo e fungos MVA nativos, perfeitamente adaptados ao agrossistema.

Por estas razões, a introdução de culturas puras de fungos formadores de MVA, quanto à manipulação da população nativa do solo, são alternativas que se apresentam como as mais viáveis para superar as barreiras atuais que impedem a utilização, em larga escala, desses fungos.

CONCLUSÕES

1. Para as mudas de café do experimento de casa de vegetação, o fungo MVA *Gigaspora margarita* promoveu acréscimos significativos na produção de matéria seca e na altura das plantas; aumentou as concentrações de P e Cu e reduziu as de N e Mn, enquanto que as quantidades acumuladas de todos os nutrientes foram aumentadas.

2. Para as mudas de café do experimento de viveiro comercial, o fungo MVA *Gigaspora margarita* promoveu acréscimos na produção de matéria seca, mas a magnitude das

respostas encontradas foi inferior às encontradas no experimento de casa de vegetação. Houve melhor nutrição de Ca e Mg e diminuição nas concentrações de Mn, para as mudas micorrizadas. Nas quantidades acumuladas, as respostas foram crescentes com o aumento das dosagens de superfosfato simples, nas mudas não-micorrizadas. Para as mudas micorrizadas, nas dosagens de 4 e 5 kg/m³, de um modo geral, as quantidades acumuladas foram menores.

3. As dosagens de superfosfato simples aplicadas acima de 1,5 kg reduziram a colonização micorrízica nas raízes de ambos experimentos.

4. As maiores contribuições do fungo *G. margarita* para o crescimento das mudas de cafeeiro ocorreram entre 0,5 e 1,0 kg de superfosfato simples, na presença de matéria orgânica e 1,2 a 1,5 kg na ausência de matéria orgânica, para o experimento de casa de vegetação. No experimento de viveiro, as dosagens aplicadas não interferiram na micorrização das mudas.

5. Na ausência de inoculação com *G. margarita*, o crescimento das mudas aumentou linearmente com as dosagens de superfosfato simples, aplicadas tanto na presença como na ausência de matéria orgânica, em ambos experimentos.

6. A presença de matéria orgânica no substrato, em ambos os experimentos, contribuiu para um melhor crescimento e estado nutricional das mudas, e não interferiu na colonização micorrízica nas raízes.

7. As respostas encontradas neste trabalho indicam que muitas pesquisas necessitam ser desenvolvidas sobre as associações micorrízicas para que estas possam ser empregadas em condições de campo, nas culturas de interesse agrônomo. No entanto, estudos sobre a ecologia de espécies nativas e os cultivos axênicos devem nortear as pesquisas futuras.

REFERÊNCIAS

ABBOTT, L.K.; ROBSON, A.D. The effect of mycorrhizal on plant growth. In: POWELL, C.L.;

BAGYARAJ, D.J. (Eds.). **V.A. mycorrhiza**. Boca Raton, Florida: CRC Press, 1984. p.113-130.

ANTUNES, V.; SILVEIRA, A.P.D.; CARDOSO, E.J.B.N. Efeito de fungos micorrízicos vesículo-arbusculares na obtenção de mudas de café (*Coffea arabica* L.), em diferentes solos. In: REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 1., 1985, Lavras. 1985. **Anais... Lavras: ESAL/FAEPE**, 1986. p.143.

CARVALHO, M.M. de; DUARTE, G.S.; RAMALHO, M.A.P. Efeito da composição do substrato no desenvolvimento de mudas de cafeeiro. (*Coffea arabica* L.). I. Esterco de curral. **Ciência e Prática**, Lavras, v.2, n.1, p.20-34, 1978.

COLOZZI-FILHO, A.; SIQUEIRA, J.O. Micorrizas vesículo-arbusculares em mudas de cafeeiro. I. Efeitos de *Gigaspora margarita* e adubação fosfatada no crescimento e nutrição. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.10, n.3, p.207-211, 1986.

COLOZZI-FILHO, A.; SOUZA, P. de; OLIVEIRA, E. de; CARVALHO, M.M. Desenvolvimento de mudas de cafeeiro Catuaí micorrizadas. **Fitopatologia Brasileira**, v.10, n.2, p.335, 1985.

FERNANDES, A.B.; SIQUEIRA, J.O. Micorrizas vesicular-arbusculares em cafeeiros da Região Sul do estado de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.24, n.12, p.1507-1511, 1989.

GIOVANETTI, M.; MOSSE, B. An evaluation of techniques for measuring vesicular-arbuscular mycorrhizal infection in roots. **New Phytologist**, v.84, p.489-500, 1980.

JARREL, W.M.; BEVERLY, R.B. The dilution effect in plant nutrition studies. **Advances in Agronomy**, New York, v.34, p.197-224, 1981.

KIEHL, E.J. **Fertilizantes orgânicos**. São Paulo: Ceres, 1985. 492p.

LOPES, E.S. Micorrizas em cafeeiro. In: FUNDAÇÃO CARGILL. **Aspectos da nutrição do cafeeiro**. Campinas, 1985. Cap. 6, p.107-116.

LOPES, E.S.; OLIVEIRA, E. de; DIAS, R.; SCHENCK, N.C. Occurrence and distribution of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in coffee (*Coffea arabica* L.) plantations in Cen-

- tral São Paulo. State-Brasil. Turrialba, v.33, p.417-442, 1983a.
- LOPES, E.S.; OLIVEIRA, E. de; NEPTUNE, A.M.L.; MORAES, F.R.P. Efeito da inoculação do cafeeiro (*Coffea arabica* L.), com diferentes espécies de fungos micorrízicos vesicular-arbusculares. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.7, n.2, p.137-141, 1983b.
- MALAVOLTA, E. **Nutrição, adubação e calagem para o cafeeiro**; fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1986. p.165-274.
- MOSSE, B. Advances in the study of vesicular-arbuscular mycorrhiza. *Annual Review of Phytopathology*, v.11, p.171-196, 1973.
- PHILLIPS, J.M.; HAYMAN, D.S. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assesment of infection. *Transactions of the British Mycological Society*, London, v.55, n.1, p.158-161, 1970.
- SARRUGE, J.R.; HAAG, H.P. **Análise química em plantas**. Piracicaba: ESALQ, 1974. 56p.
- SIQUEIRA, J.C.; COLOZZI-FILHO, A. Micorizas vesículo-arbusculares em mudas de cafeeiro. II. Efeito do fósforo no estabelecimento e funcionamento da simbiose. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.10, n.3, p.207-211, 1986.
- SIQUEIRA, J.O.; COLOZZI-FILHO, A.; OLIVEIRA, E. de; FERNANDES, A.B.; FLORENCE, M.L.D. Micorizas vesicular-arbusculares em mudas de cafeeiro produzidas no Sul do estado de Minas Gerais. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.22, n.1, p.31-38, 1987.
- SIQUEIRA, J.O.; FRANCO, A.A. **Biotechnologia do Solo: fundamentos e perspectivas**. Brasília: MEC Ministério da Educação, ABEAS; Lavras: ESAL, FAEPE, 1988. 235p.
- SOUZA, C.A.S. **Desenvolvimento de mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) inoculadas com *Gigaspora margarita* (Becker & Hall) em substrato com e sem matéria orgânica e diferentes doses de superfosfato simples**. Lavras: ESAL, 1987. 237p. Tese de Mestrado.
- SOUZA, C.A.S.; CARVALHO, M.M. de; SOUZA, P. de; CARVALHO, J.G. de; OLIVEIRA, E. de. Influência de micorizas vesicular-arbusculares no crescimento de mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.), em substrato com e sem matéria orgânica e diferentes doses de superfosfato simples. *Ciência e Prática*, Lavras, v.11, n.2, p.177-189, 1987.
- TINKER, P.B. Soil chemistry of phosphorus and mycorrhizal effects on plant growth. In: SANDERS, F.E.; MOSSE, B.; TINKER, P.B. (Eds.). **Endomycorrhizas**, London: Academic Press, 1975. p.353-372.
- ZAMBOLIM, L.; NEVES, J.C.L.; COSTA, H.; MACABEU, A.J. Efeito de doses de fósforo no crescimento de mudas de café na presença e ausência de fungos micorrízicos. In: REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 1. Lavras. 1985. **Anais...** Lavras: ESAL/F^A EPE, 1986, p.200.