

# EFETIVIDADE DE DIFERENTES FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES NA FORMAÇÃO DE MUDAS, CRESCIMENTO PÓS-TRANSPLANTE E PRODUÇÃO DO CAFEIEIRO<sup>1</sup>

ARNALDO COLOZZI-FILHO<sup>2</sup>, JOSÉ OSWALDO SIQUEIRA<sup>3</sup>, ORIVALDO J. SAGGIN JÚNIOR<sup>4</sup>, PAULO T.G. GUIMARÃES<sup>5</sup> e ELIZABETH OLIVEIRA<sup>6</sup>

RESUMO - Estudaram-se os efeitos da inoculação, no cafeeiro, de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) na formação das mudas; crescimento pós-transplante em solo fumigado, e quanto à sobrevivência e produção a campo. Plântulas no estádio de orelha-de-onça receberam, separadamente, inóculos de *Gigaspora margarita* e *Glomus clarum* e de FMA indígenas, isolados de cafeeiro, milho e soja, totalizando 15 tratamentos. A inoculação favoreceu o crescimento das mudas durante a sua formação e após o transplante, tanto nos vasos quanto no campo. Os aumentos no crescimento foram menores que 100% na fase de formação das mudas, e superiores a 400% nas mudas transplantadas para solo fumigado. Nestas duas fases do estudo não foram verificadas diferenças marcantes entre os fungos. Todos os fungos favoreceram a sobrevivência e desenvolvimento das plantas no campo, mas apenas a espécie *Gigaspora margarita* e fungos indígenas da região do Padap, Lavras, Varginha e Três Pontas aumentaram significativamente a produção do cafeeiro. A produção de grãos nestes tratamentos foi, em média, 100% superior à do tratamento sem inoculação.

Termos para indexação: solos, plântulas, transplante, *Gigaspora margarita*, *Glomus clarum*, fungos micorrízicos indígenas.

## EFFECTIVENESS OF DIFFERENT ARBUSCULAR-MYCORRHIZAL FUNGI ON INITIAL AND POST-TRANSPLANT GROWTH AND BEAN YIELD OF COFFEE TREE SEEDLINGS

ABSTRACT - The effects of inoculation of coffee tree seedlings with different arbuscular-mycorrhizal fungi on seedling raising (nursery) and post-transplant growth stages, survival and bean yield under field conditions are reported. Seedlings were inoculated with *Gigaspora margarita*, *Glomus clarum* and with other thirteen fungal assemblages of indigenous mycorrhizal fungi, previously isolated from coffee, corn and soybean crops. Mycorrhizal inoculation improved seedling growth at nursery stage and also after they were transplanted to fumigated soil and to field plot. Growth increases due to inoculation were, on the average, below 100% at nursery stage and above 400% when seedlings were transplanted to pots in the greenhouse. Responses at these two stages showed no major differences among the fungal treatments. Survival and growth of outplanted seedlings were increased by all fungal treatments. However, bean yield was significantly increased only by *G. margarita* and by four indigenous fungal assemblages. Mean yield increase of these treatments was on the average 100% higher than non-inoculated control.

Index terms: soils, seedlings, transplant, indigenous mycorrhizal fungi, *Gigaspora margarita*, *Glomus clarum*.

<sup>1</sup> Aceito para publicação em 15 de abril de 1994. Trabalho financiado pela FAPEMIG/EPAMIG e CNPq.

<sup>2</sup> Eng. - Agr., M.Sc., Dep. de Ciência do Solo, ESAL - Atualmente no IAPAR - Londrina, PR.

<sup>3</sup> Eng. - Agr., Ph.D., Prof. Tit., Dep. de Ciência do Solo, ESAL,

Caixa Postal 37, CEP 37200-000, Lavras, MG. Bolsista do CNPq.

<sup>4</sup> Eng. - Agr., M.Sc., Dep. Ciência do Solo, ESAL.

<sup>5</sup> Eng. Agr., Dr., EPAMIG, Lavras, MG Bolsista do CNPq.

<sup>6</sup> Bióloga, M.Sc., Convênio MA/FAEPE, ESAL. Bolsista da CAPES.

## INTRODUÇÃO

A inoculação, em mudas de plantas na fase de viveiro, de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) previamente selecionados é altamente desejável, pois pode reduzir os investimentos com fertilizantes, diminuir o tempo de permanência no viveiro e proporcionar a obtenção de mudas mais vigorosas e de melhor qualidade (Ferguson, 1984; Souza et al., 1989). Assim, o primeiro passo em direção à exploração, em larga escala, destes fungos, é a seleção de espécies ou isolados efetivos e compatíveis com a cultura e com as condições edafoclimáticas do ecossistema onde se pretende praticar a inoculação. Como os FMA são mais influenciados por variações no ambiente do que pela planta hospedeira (Mosse, 1975; Siqueira et al., 1986), a avaliação da efetividade simbiótica de fungos indígenas isolados do próprio ecossistema onde se pretende explorar a simbiose é um procedimento que deve ser adotado na seleção de fungos ou populações mistas com elevada efetividade. Para isso, fungos indígenas são coletados, multiplicados em vasos de cultivo e utilizados como inóculo na pré-colonização de mudas a serem levadas para o campo (Menge et al., 1977). Esse procedimento tem mostrado ser eficaz para a inoculação de várias espécies arbóreas (Menge, 1983; Powell, 1984; Gianinazzi et al., 1989), mas é ainda pouco estudado para o cafeeiro.

Mudas de cafeeiro apresentam elevada dependência micorrízica quando crescem em solo ou substrato deficiente em nutrientes, especialmente em P, beneficiando-se muito da inoculação (Lopes et al., 1983b; Siqueira & Colozzi-Filho, 1986). Estudos realizados em cafeeiros da região sudeste do Brasil indicam que este agroecossistema possui uma população de FMA bastante diversa e abundante (Lopes et al., 1983a; Fernandes & Siqueira, 1989; Oliveira et al., 1990). Zambolin et al. (1986) e Caldeira et al. (1983) verificaram que diversas espécies previamente isoladas de cafeeiros adultos foram efetivas em promover o crescimento inicial de mudas.

No presente estudo são relatados os efeitos da pré-colonização de mudas de cafeeiro com diferentes populações de FMA indígenas e com as espécies *Glomus clarum* e *Gigaspora margarita*, sobre o crescimento de mudas, o crescimento pós-trans-

plante para vasos contendo solo fumigado, e sobre a sobrevivência, desenvolvimento e produção em campo.

## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo constou de três etapas distintas: formação das mudas, crescimento pós-transplante em vasos em casa de vegetação, e desenvolvimento e produção no campo.

### Inoculação e formação das mudas

Sementes de cafeeiro (*Coffea arabica* L.), cultivar Mundo Novo LCP 379/19, foram desinfestadas superficialmente com hipoclorito de sódio 1% por cinco minutos, e germinadas em vermiculita autoclavada. Plântulas apresentando o par de folhas cotiledonares (estádio de orelha-de-onça) foram repicadas para sacos de polietileno preto (11 x 23cm) contendo substrato constituído de uma mistura de 0,85 m<sup>3</sup> de solo + 0,15 m<sup>3</sup> de esterco de curral suplementada com 1,67 kg de superfosfato simples e 0,17 kg de cloreto de potássio (1/3 da adubação recomendada para formação de mudas de cafeeiro. Após a homogeneização, o substrato foi desinfestado com brometo de metila (263 cm<sup>3</sup>/m<sup>3</sup> de substrato). A análise química parcial do substrato após a fumigação é apresentada na Tabela 1.

Por ocasião da repicagem, as plântulas receberam inóculos de suspensões de esporos de FMA (150 esporos/planta) originados de diversos agrossistemas (Tabela 2). Os inóculos denominados "Raiz" foram multiplicados a partir de raízes de cafeeiro previamente colonizadas por esses fungos indígenas. Para isso, segmentos de raízes colonizadas foram usadas como inóculo em vasos de cultivo, tendo *Brachiaria decumbens* Stapf como planta hospedeira. Após a multiplicação, os esporos foram extraídos e utilizados para inocular as plântulas de cafeeiro. Os inó-

TABELA 1. Características do substrato utilizado na formação das mudas e dos solos para onde as mudas foram transplantadas.

Características	Substrato das mudas	Solo	
		Vasos	Campo
P (ppm)	90	31	1
K (ppm)	444	55	36
Ca <sup>++</sup> (meq/100cm <sup>3</sup> )	4,3	2,4	0,4
Mg <sup>++</sup> (meq/100cm <sup>3</sup> )	0,9	0,5	0,1
Al <sup>+++</sup> (meq/100cm <sup>3</sup> )	0,1	0,1	0,3
H <sup>+</sup> + Al <sup>+++</sup> (meq/100cm <sup>3</sup> )	9,8	3,2	6,3
pH	5,5	5,7	4,6
Fumigação	sim	sim	não

TABELA 2. Identificação e composição dos tratamentos fúngicos aplicados nas plântulas por ocasião da repicagem.

Identificação	Espécie fúngica	Origem
Ni	nenhuma	--
CM	<i>Gigaspora margarita</i> , <i>Glomus clarum</i>	--
CLA	<i>Glomus clarum</i>	Coleção ESAL
MAR	<i>Gigaspora margarita</i>	milho - Três Pontas
MFI-Riz <sup>(1)</sup>	<i>Glomus etunicatum</i> , <i>Acaulospora scrobiculata</i> , <i>Glomus occultum</i>	cafeeiro
MFI-Raiz <sup>(2)</sup>	<i>Glomus etunicatum</i>	cafeeiro
FI-Ibiá	<i>Glomus etunicatum</i> , <i>Acaulospora longula</i>	soja - Ibiá
FI-Padap	<i>Glomus etunicatum</i>	soja - São Gotardo
Lav-Riz	<i>Glomus etunicatum</i> , <i>Acaulospora scrobiculata</i>	cafeeiro - Lavras
Var-Riz	<i>Glomus occultum</i>	cafeeiro - Varginha
TP-Riz	<i>Glomus etunicatum</i> , <i>Acaulospora scrobiculata</i>	cafeeiro - T.Pontas
TP-Raiz	<i>Glomus etunicatum</i>	cafeeiro - T.Pontas
Par-Riz	<i>Glomus etunicatum</i> , <i>Acaulospora scrobiculata</i>	cafeeiro - S.S.Paraíso
Par-Raiz	<i>Glomus etunicatum</i>	cafeeiro - S.S.Paraíso
Pat-Riz	<i>Glomus etunicatum</i> , <i>Acaulospora scrobiculata</i>	cafeeiro - Patrocínio
Pat-Raiz	<i>Glomus etunicatum</i>	cafeeiro - Patrocínio

MFI = mistura de fungos indígenas

Riz = fungos indígenas isolados a partir de solo de rizosfera

Raiz = fungos indígenas isolados a partir de raízes colonizadas

culos denominados rizosfera (Riz) foram também multiplicados em *B. decumbens*, utilizando-se solo de rizosfera de cafeeiros, isento de raízes, como inóculo para vasos de cultivo.

As suspensões de esporos foram obtidas através de peneiramento úmido (Gerdemann & Nicolson, 1963) dos solos dos vasos de cultivo e centrifugação a 2.000 rpm em água por 3 minutos e em sacarose 50% por 2 minutos. A densidade de esporos nas suspensões foi padronizada através de contagens do número de esporos em 3 amostras de 1 ml sob microscópio estereoscópico. Na tentativa de equilibrar a microbiota entre as testemunhas, adicionaram-se, a todos os saquinhos, 10 ml de um filtrado preparado a partir dos substratos dos vasos de cultivo, livre de esporos de FMA. Esta fase do estudo constou de 16 tratamentos dispostos inteiramente ao acaso.

Após repicagem e inoculação, as plantas de cada tratamento foram separadas em lotes e mantidas em bancadas, em casa de vegetação, até serem avaliadas ou utilizadas nas outras fases do estudo. Durante a formação, as mudas foram irrigadas diariamente para manter a umidade do substrato, e adubadas com N através de pulverizações (4 g de sulfato de amônio/5 l de água), realizadas a cada 20 dias. Após quatro meses de crescimento, quando as mudas apresentavam-se com seis pares de folhas, sete mudas representativas de cada tratamento foram selecio-

nadas e cortadas para avaliação do crescimento, estado nutricional e micorrização. Parte das mudas foram selecionadas para o transplante em vasos, e as restantes, transplantadas para o campo.

#### Transplante das mudas para solo fumigado em vasos

Mudas representativas dos tratamentos de inoculação (Tabela 2), com exceção do tratamento TP Raiz, foram transplantadas para vasos de barro contendo 15 kg de material de um solo classificado como Latossolo Vermelho-Escuro (Tabela 1) desinfestado com Brometo de Metila (263 cm<sup>3</sup>/m<sup>3</sup> de solo). Como tratamento adicional, mudas do tratamento Ni (Tabela 2) receberam inóculo por ocasião do transplante. Como inóculo, utilizaram-se 150 ml de solo de vasos de cultivo por planta, equivalentes a aproximadamente 4.000 esporos de mistura de FMA, sendo *Acaulospora scrobiculata*, *Acaulospora longula*, *Scutellospora heterogama*, *Glomus intraradices*, *Glomus etunicatum* e *Gigaspora margarita* as espécies predominantes. O inóculo foi distribuído no fundo do orifício de plantio e ao redor do torrão da muda. Esta fase experimental constou de 16 tratamentos com três repetições, delineados inteiramente ao acaso. Após o transplante, o teor de umidade de solo nos vasos foi mantido entre 60-70% do VTP, através de irrigações periódicas. As plantas receberam duas adubações de cobertura, aplican-

do-se em cada adubação 4,3 g/vaso de uma mistura contendo três partes de sulfato de amônio e uma parte de cloreto de potássio. O experimento foi conduzido em casa de vegetação durante seis meses, quando se avaliaram o crescimento, o estado nutricional e a micorrização das plantas.

### Transplante das mudas para o campo

Como no experimento anterior, lotes de mudas representantes de cada tratamento (Tabela 2) foram selecionadas e utilizadas para o plantio em área de um Latossolo Vermelho-Amarelo (Tabela 1), na Fazenda Experimental da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais - EPAMIG -, localizada no município de Patrocínio, MG. Após o preparo do solo, a área destinada ao experimento recebeu calagem, na base de 3 t/ha de calcário dolomítico. No plantio, foram colocados, por cova, 300 g de calcário dolomítico, 300 g de gesso agrícola e 150 g de superfosfato simples (1/2 da adubação fosfatada recomendada para o plantio nesse solo).

O experimento foi instalado em janeiro de 1988 e constou de 16 tratamentos (Tabela 2) delineados em blocos casualizados, com cinco repetições. As parcelas foram constituídas de sete plantas dispostas no sentido da linha, das quais apenas as cinco centrais foram consideradas úteis. O espaçamento utilizado foi de 1,5 m entre plantas e 3,0 m entre linhas. Entre cada linha útil (parcela) plantou-se uma linha de plantas-bordaduras, utilizando-se mudas obtidas de viveiro comercial.

O experimento recebeu todos os tratamentos culturais requeridos pela cultura, e quatro adubações de cobertura por ano com N e K, entre outubro e março, tendo sido aplicados, por cova, em cada adubação, 40 g de sulfato de amônio (SA) e 13 g de cloreto de potássio (KCl) no primeiro ano, 80 g de SA e 26 g de KCl no segundo ano, e em torno de 160 g de SA e 52 g de KCl a partir do terceiro ano, dependendo da estimativa de produção. Recebeu também quatro adubações foliares com sulfato de zinco 0,6%, ácido bórico 0,3% e sulfato de cobre 0,3%, por ano. Realizaram-se periodicamente avaliações do crescimento vegetativo, produção, taxa de sobrevivência, estado nutricional e micorrização das plantas conforme descrito posteriormente.

### Avaliação dos experimentos

Foram realizadas avaliações do desenvolvimento vegetativo, através de medidas da altura, diâmetro do caule e da copa, e do peso de matéria fresca e seca, quando aplicável, e através de contagens do número de par de folhas e de internódios nos ramos médios. Estas avaliações foram feitas no final da fase de formação das mudas, mensalmente no experimento de vasos, e anualmente no

experimento de campo. No experimento de campo foi também avaliada a taxa de sobrevivência em diversas épocas após o transplante.

A colonização micorrízica foi estimada em amostra de 1 g de raízes retiradas das plantas nos diversos experimentos. As amostras de raízes foram clarificadas em KOH 10%, e coradas com fucsina ácida (Kormanik & McGraw, 1982), e a taxa de colonização estimada em placa quadriculada (Giovannetti & Mosse, 1980) através do uso de um estereomicroscópio. A densidade de esporos foi estimada em amostras de 50 ml do substrato das mudas e do solo dos vasos ou de amostras compostas, de solo, retiradas da rizosfera das plantas do campo. Os esporos foram extraídos por peneiramento úmido (Gerdemann & Nicolson, 1963), separados dos fragmentos dos solos por centrifugações em água e sacarose, e contados em estereomicroscópio.

O estado nutricional das plantas foi avaliado através da análise dos tecidos da parte aérea na fase de mudas, e de amostras de folhas das plantas nos vasos e no campo. O N foi determinado pelo método de Kjeldahl modificado; P, por colorimetria; K, por fotometria de chama; e Ca, Mg, Cu, Zn, Mn e Fe, por espectrofotometria de absorção atômica (Sarruge & Haag, 1974).

Os dados dos três experimentos foram submetidos à análise de variância e a testes de médias e correlação linear, utilizando-se os programas AVBRPOL (Lima & Silveira, 1983) e SANEST (Sarriés et al., 1992).

## RESULTADO E DISCUSSÃO

A inoculação nas mudas de cafeeiro por ocasião da repicagem produziu efeitos significativos sobre a altura das plantas, produção de matéria seca e teores de nutrientes após quatro meses de crescimento (Tabela 3). A altura das plantas em todos os tratamentos com inóculo foi maior que a do controle (Ni), enquanto a produção de matéria seca da parte aérea só diferiu do controle para os tratamentos Var-Riz, TP-Riz e Par-Raiz. Apesar da elevada disponibilidade de P no substrato, os teores de P nas mudas aumentaram em todos tratamentos com inoculação. Os teores de N diminuíram no CM e TP-Riz em relação ao controle. Enxofre foi aumentado no CM e MAR, e não diferiu do controle dos demais tratamentos. Os teores de Cu aumentaram nas plantas que receberam os inóculos de CLA, MAR, Lav-Riz, Var-Riz, TP-Riz, Pat-Riz e Pat-Raiz em relação aos tratamentos Ni. Para os demais nutrientes, não foram verificados efeitos significativos da

**TABELA 3.** Crescimento, taxa de colonização e teores de nutrientes de mudas de cafeeiro inoculadas com diferentes fungos MVA por ocasião da repicagem e mantidas em casa de vegetação por 4 meses.

Tratamento	Altura	Matéria seca da parte aérea	Colonização	Teores de nutrientes na parte aérea			
				N	P	S	Cu
	cm	g/pl.	%	%	%	%	ppm
Ni	12 b	0,67 b	—	2,88 a	0,05 b	0,14 c	7 c
CM	20 a	1,11 ab	49 a	2,02 c	0,23 a	0,29 a	12 bc
CLA	19 a	1,04 ab	38 abc	2,24 abc	0,20 a	0,20 bc	14 ab
MAR	19 a	1,04 ab	46 ab	2,31 ab	0,22 a	0,24 ab	13 ab
MFI-Riz	19 a	1,11 ab	17 d	2,38 abc	0,23 a	0,18 bc	12 bc
MFI-Raiz	20 a	1,09 ab	29 cd	2,41 abc	0,19 a	0,20 bc	12 bc
FI-Ibiá	20 a	1,14 ab	25 cd	2,24 abc	0,24 a	0,16 bc	11 bc
FI-Padap	20 a	1,16 ab	26 cd	2,20 abc	0,18 a	0,17 bc	12 bc
Lav-Riz	20 a	1,17 ab	35 abc	2,47 abc	0,20 a	0,17 bc	13 ab
Var-Riz	21 a	1,23 a	27 cd	2,43 abc	0,20 a	0,17 bc	13 ab
TP-Riz	21 a	1,30 a	32 bcd	2,13 bc	0,19 a	0,17 bc	13 ab
TP-Raiz	20 a	1,04 ab	35 abc	2,15 abc	0,20 a	0,18 bc	11 bc
Par-Riz	18 a	1,19 ab	25 cd	2,85 ab	0,20 a	0,18 bc	10 bc
Par-Raiz	20 a	1,27 a	32 bcd	2,32 abc	0,23 a	0,20 bc	12 bc
Pat-Riz	21 a	1,13 ab	24 cd	2,37 abc	0,20 a	0,16 bc	13 ab
Pat-Raiz	21 a	1,13 ab	25 cd	2,24 abc	0,22 a	0,17 bc	18 a

As médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

inoculação. A colonização micorrízica foi bastante elevada na maioria dos tratamentos, tendo sido máxima nas mudas com CM ou apenas MAR. A elevada disponibilidade de P no substrato não afetou a colonização, mas reduziu os benefícios da inoculação quanto ao crescimento das mudas, como já é conhecido (Zambolin et al., 1986; Siqueira & Colozzi-Filho, 1986).

Uma análise estatística complementar para comparar fungos provenientes de raízes e rizosfera de cafeeiro mostrou diferenças significativas ( $P < 0,05$ ) apenas quanto a teor de K (2,67% Riz vs. 2,89% Raiz), colonização (16% Riz vs. 24% Raiz), e número de esporos em 50 ml de solo (22% Riz vs. 8% Raiz).

Os efeitos benéficos da inoculação, que não ultrapassaram 100% (média de todos os tratamentos =  $70 \pm 11$ ) na fase de formação das mudas, atingiram 400% (média  $316 \pm 45$ ) nas mudas transplantadas para solo fumigado (Tabela 4 e Fig. 1). A inoculação em mudas Ni por ocasião do transplante, simulando inoculação na cova (Ni-IT), aumentou o crescimento em altura (Fig. 2) e a produção de ma-

téria seca da parte aérea e raízes em 244% e 256%, respectivamente (Tabela 4). Mudas micorrizadas cresceram mais rapidamente que as sem micorrizas (Fig. 2). A taxa de crescimento das mudas estimada (mg de matéria seca/dia) foi, em média, 4,5 vezes maior nas plantas micorrizadas do que nas Ni. As mudas Ni, quando receberam inóculo por ocasião do transplante, apresentaram taxa de crescimento 3,7 vezes maior que as do tratamento Ni mantidas sem inóculo.

Na tentativa de verificar se as respostas causadas pela inoculação na fase de mudas poderiam ser utilizadas para prever o comportamento das mudas no campo, foram realizadas análises de correlação linear. Verificou-se correlação ( $r = 0,77$ ;  $P < 0,01$ ) entre o aumento de crescimento das mudas na fase de formação e o crescimento pós-transplante para vasos com solo fumigado, tendo sido esta relação bem menor ( $r = 0,59$ ;  $P = 0,02$ ), com aumentos de produção no campo. A relação entre crescimento nos vasos e produção no campo não foi significativa ( $P > 0,05$ ). Isto indica que a resposta na fase de mudas ou após transplante para solo fumigado não foi

**TABELA 4. Efeitos da pré-colonização no crescimento, colonização e teores de nutrientes de mudas de cafeeiro 6 meses após transplante para solo fumigado em casa de vegetação.**

Tratamentos	Matéria seca da parte aérea	Matéria seca das raízes	Colonização	Teores de nutrientes nas folhas		
				P	K	Cu
	g/pl.	g/pl.	%	%	%	%
Ni	7,62 b	2,82 b	--	0,09 c	2,05 b	6 e
CM	31,80 a	14,68 a	50 a	0,20 ab	2,73 ab	11 abcd
CLA	29,39 a	13,69 a	40 abc	0,16 abc	2,67 ab	12 abcd
MAR	34,59 a	15,56 a	45 ab	0,17 abc	2,65 ab	10 bcd
MFI-Riz	31,18 a	14,98 a	30 cde	0,21 a	3,12 a	13 abc
MFI-Raiz	34,25 a	16,65 a	30 cde	0,17 abc	2,67 ab	10 bcd
FI-Riz	30,85 a	16,38 a	20 e	0,13 abc	2,80 ab	11 abcd
FI-Padap	27,50 a	13,12 a	20 e	0,12 abc	2,87 ab	14 ab
Lav-Riz	35,25 a	17,25 a	27 de	0,14 abc	2,39 ab	10 bcd
Var-Riz	30,35 a	14,25 a	25 de	0,16 abc	2,98 ab	9 cde
TP-Riz	29,27 a	14,93 a	27 de	0,14 abc	2,60 ab	9 cde
Par-Riz	39,75 a	17,16 a	22 e	0,12 abc	2,71 ab	10 bcd
Par-Raiz	34,25 a	16,08 a	19 e	0,11 bc	2,52 ab	8
Pat-riz	32,63 a	14,12 a	27 de	0,13 abc	2,80 ab	11 abcd
Pat-Raiz	28,39 a	13,31 a	26 de	0,16 abc	2,87 ab	9 cde
Ni-T <sup>(1)</sup>	26,24 a	10,05 a	34 bcd	0,18 abc	3,02 a	15 a

As médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%

<sup>(1)</sup> Mudas não inoculadas, inoculadas no ato do transplante

bom indicador para prever os efeitos da micorrização sobre a produção no campo. Neste caso, devem ser consideradas as diferenças químicas e biológicas entre o solo dos vasos e o do campo. A colonização micorrizica foi mantida elevada no solo fumigado, tendo sido máxima nas plantas que receberam inoculos de espécies fúngicas obtidas de culturas puras (Tabela 4). Plantas Ni quando receberam por ocasião do transplante inoculo misto, atingiram 34% de colonização ao término do experimento, o que indica a elevada infectividade dos propágulos do solo e a facilidade das mudas de cafeeiro em tornarem-se micorrizadas, tal como verificado por Saggin Júnior et al. (1992). Nesta fase do estudo, apenas os teores de P, K e Cu nas folhas foram influenciados pela inoculação (Tabela 4). Os

demais nutrientes não mostraram diferenças significativas.

Quando as mudas foram transplantadas para o campo, os efeitos da inoculação ainda persistiram, conforme evidenciado pelo crescimento vegetativo e sobrevivência das mudas, aos 12 meses do transplante (Tabela 5). Nesta época, plantas de todos os tratamentos, inclusive as Ni, apresentaram colonização bastante elevada e densidade de esporos na rizosfera com pequenas diferenças. Os teores foliares de nutrientes, em amostras coletadas em março de 1990, mostraram efeitos significativos dos tratamentos apenas quanto a Ca e Mg. Os teores foliares de Ca foram maiores nas plantas pré-colonizadas com CLA, MAR, TP-Riz e Pat-Raiz, enquanto os de Mg foram maiores nas plantas com MAR, TP-

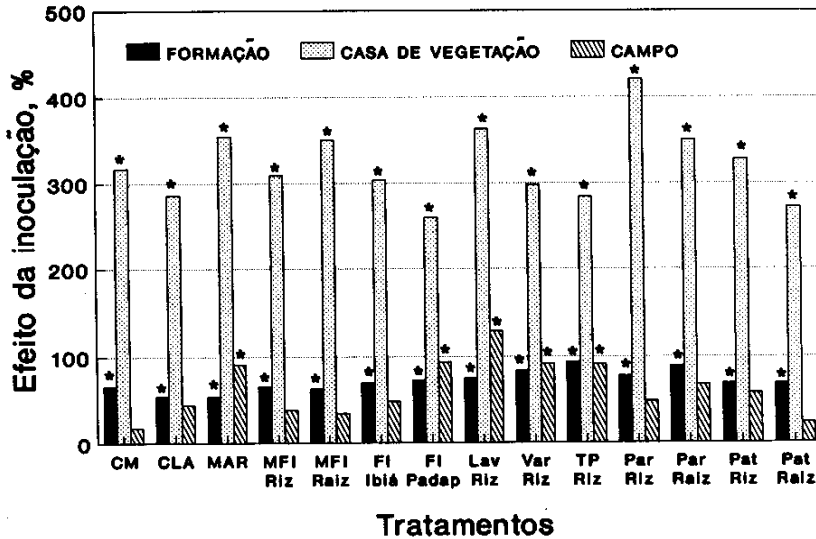


FIG. 1. Efeito relativo ao tratamento não inoculado (Ni) da pré-colonização no crescimento durante a formação e após transplante para vasos e produção das mudas de cafeeiro no campo. \*Efeito significativo ( $P < 0,05$ ) em relação ao Ni.

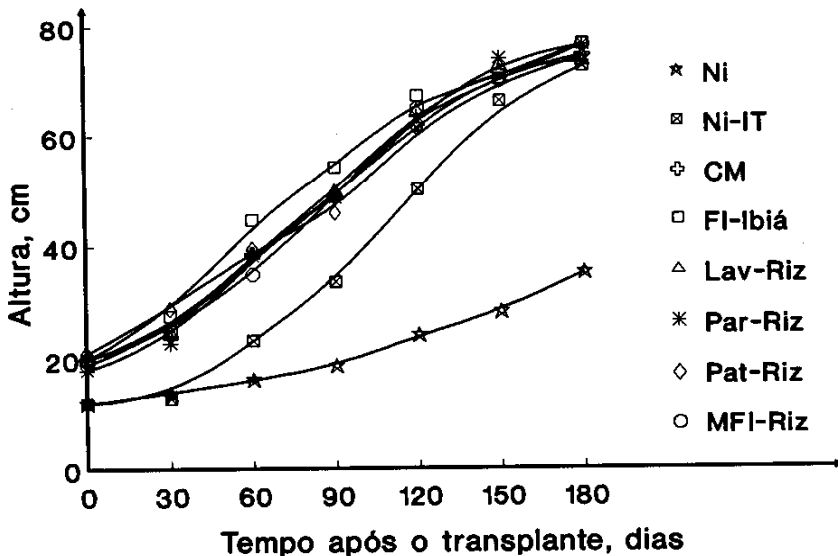


FIG. 2. Crescimento em altura de mudas não inoculadas (Ni), pré-colonizadas com diferentes fungos MVA e não inoculadas, inoculadas no transplante (Ni-IT) em diferentes épocas, após transplante para vasos.

-Riz e Par-Riz (Tabela 5). Os teores dos outros nutrientes, incluindo P, não diferiram entre os tratamentos. Os teores foliares deste nutriente variaram entre 0,072% a 0,092%, tendo sido considerados baixos para o cafeeiro (Malavolta, 1986). Isto indica a baixa disponibilidade deste nutriente no solo, e que a inoculação nas mudas não foi capaz de suprir as necessidades de P das plantas. A produção de grãos de café foi superior à do tratamento, Ni nos tratamentos MAR, Fi-Padap, Lav-Riz, Var-Riz e TP-Riz, e não diferiu quanto aos demais tratamentos (Tabela 5).

Os efeitos diferenciados na inoculação praticada no cafeeiro nas três fases deste estudo (Fig. 1) estão relacionados com diferenças nas condições de crescimento, especialmente no tipo e na fertilidade do substrato (Siqueira & Colozzi-Filho, 1986). Os FMA não apresentam especificidade de hospedeiro (Mosse, 1975), mas pode ocorrer diferenciação na relação fungo-planta em função das condições ambientais (Gianinazzi et al., 1989). No presente estudo, *G. margarita*, originada de culturas de milho e

fungos isolados de soja, mostraram-se efetivos para o cafeeiro, o que também foi verificado em relação a outros fungos isolados de lavouras cafeeiras. Esses resultados não confirmam os relatados por Hattingh & Gerdemann (1975), onde o inóculo derivado de citrus foi mais efetivo para citrus que inóculo obtido em grama-sudão, mas confirmam a elevada efetividade da *G. margarita* com relação ao cafeeiro (Lopes et al., 1983b; Colozzi-Filho & Siqueira, 1986). A prática da pré-colonização de mudas de espécies arbóreas antes do transplante para o campo é considerada uma maneira viável para introduzir FMA selecionados (Powell, 1984). Isto, além de acelerar o crescimento e melhorar o vigor das plantas na fase de formação, reduz o estresse do transplante e aumenta a sobrevivência das mudas no campo (Menge et al., 1977; Johnson & Crews, 1979), conforme evidenciado neste estudo em relação ao cafeeiro.

A contribuição dos fungos indígenas para plantas perenes como o cafeeiro é difícil de ser avaliada, em face da heterogeneidade e dificuldade de pa-

**TABELA 5.** Crescimento, sobrevivência, produção de grãos, colonização micorrízica, densidade de esporos na rizosfera e teores de nutrientes de plantas de cafeeiro pré-colonizadas com fungos MVA e transplantadas para campo em janeiro de 1988. Médias de 30 plantas.

Tratamento de pré-colonização	Altura de plantas jan./89	Diâmetro da copa jan./89	Sobreviventes jan./89	1ª produção (café côco) 1990	Colonização mar./90	Densidade de esporos mar./90	Teor de nutrientes mar.90	
							Ca	Mg
	cm/pl.	cm/pl	%	kg/parcela	%	nº/50 ml	%	%
Ni	41 c	22 c	88 b	3,50 c	51 abc	9 abc	1,05 b	0,53 b
CM	47 b	24 abc	96 ab	4,12 bc	56 abc	17 abc	1,19 ab	0,61 ab
CLA	52 ab	29 a	100 a	5,06 abc	50 abc	19 ab	1,29 a	0,65 ab
MAR	50 ab	28 ab	100 a	6,70 ab	59 ab	16 abc	1,17 ab	0,67 a
MFI-Riz	49 b	25 ab	100 a	4,88 bc	59 ab	16 abc	1,29 a	0,59 ab
MFI-Raiz	53 ab	29 a	100 a	4,74 bc	48 abc	11 abc	1,19 ab	0,61 ab
FI-Ibiá	54 ab	29 ab	96 ab	5,22 abc	35 c	12 abc	1,24 ab	0,62 ab
FI-Padap	51 ab	27 ab	100 a	6,78 ab	52 abc	5 bc	1,26 ab	0,63 ab
Lav-Riz	48 b	24 abc	100 a	8,02 a	49 abc	25 a	1,18 ab	0,61 ab
Var-Riz	55 a	29 ab	96 ab	6,74 ab	60 ab	17 abc	1,23 ab	0,65 ab
TP-Riz	55 a	29 ab	92 ab	6,86 ab	47 abc	15 abc	1,27 a	0,67 a
TP-Raiz	47 b	25 ab	100 a	4,46 bc	41 bc	3 c	1,19 ab	0,58 ab
Par-Riz	47 b	24 abc	100 a	5,22 abc	52 abc	26 a	1,21 ab	0,56 ab
Par-Raiz	50 ab	26 abc	100 a	5,90 abc	56 ab	6 bc	1,20 ab	0,67 a
Pat-Riz	48 b	24 abc	96 ab	5,54 abc	63 a	9 abc	1,21 ab	0,62 ab
Pat-Raiz	48 b	26 abc	96 ab	4,32 bc	50 abc	12 abc	1,32 a	0,64 ab

As médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5%.



dronização do inóculo em populações mistas. No entanto, o presente estudo, como também os de outros (Caldeira et al., 1983; Zambolin et al., 1986), indicam a existência de fungos efetivos em lavouras cafezeiras tal como ocorre em espécies como a soja (Paula et al., 1988) e a braquiária (Siqueira et al., 1990). O fato de todos os fungos exibirem elevada efetividade em condições ambientais mais homogêneas (substrato desinfestado e casa de vegetação) e poucos se comportarem assim em condições de campo, evidencia a influência do ambiente sobre a efetividade simbiótica dos FMA (Gianinazzi et al., 1989). Os fatores do solo que influenciam a efetividade destes fungos para o cafeeiro estão sendo estudados, para permitir a definição de condições onde a inoculação terá efeitos previsíveis e mais consistentes.

### CONCLUSÕES

1. A inoculação de FMA em plântulas de cafeeiro favoreceu o crescimento das mudas durante a formação, seu desenvolvimento pós-transplante para solo fumigado sua sobrevivência e sua produção no campo.

2. As diferentes espécies e populações fúngicas estudadas apresentaram comportamento semelhante quanto a seus efeitos no crescimento do cafeeiro na fase de formação de mudas e após transplante para solo fumigado, mas diferiram no campo.

3. Todos os tratamentos com pré-colonização favoreceram a sobrevivência e crescimento vegetativo das mudas no campo; apenas 5 dos 15 tratamentos testados no campo aumentaram a produção de grãos.

### REFERÊNCIAS

- CALDEIRA, S.F.; CHAVES, G.M.; ZAMBOLIN, L. Associação de micorriza vesicular-arbuscular em café, limão-rosa e capim-gordura. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.18, n.3, p.223-228, 1983.
- 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*, Campinas, v.10, p.199-205, 1986.
- FERGUSON, J.J. *Applications of mycorrhizal fungi in crop production*. Gainesville: IFAS/University of Florida, 1984. 88p.
- 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.1489-1498, 1989.
- GERDEMANN, J.W.; NICOLSON, T.H. Spores of mycorrhizal *Endogone* species extracted from soil by wet sieving and decanting. *Transaction of British Mycological Society*, London, v.46, p.235-244, 1963.
- GIANINAZZI, S.; TROUVELOT, A.; GIANINAZZI-PEARSON, V. Conceptual approaches for the rational use of VA endomycorrhizae in agriculture: Possibilities and limitations. *Agriculture Ecosystems and Environment*, v.29, p.153-161, 1989.
- GIOVANNETTI, M.; MOSSE, B. An evaluation of techniques to measure vesicular-arbuscular mycorrhizal infection in roots. *New Phytologist*, v.84, p.489-500, 1980.
- HATTINGH, M.J.; GERDEMANN, J.W. Inoculation of Brazilian sour orange seed with and endomycorrhizal fungus. *Phytopathology*, v.65, p.1013-1016, 1975.
- JOHNSON, C.R.; CREWS, C.E. Survival of mycorrhizal plants in the landscape. *American Nurseryman*, v.150, p.15-19, 1979.
- KORMANIK, P.P.; MCGRAW, A.C. Quantification of vesicular-arbuscular mycorrhizal in plant roots. In: SCHENCK, N.C. *Methods and principles of mycorrhizal research*. St. Paul: APS, 1982. p.37-46.
- LIMA, P.C.; SILVEIRA, J. V. *Manual do usuário: AVBRPOL análise de variância para ensaios balanceados e regressão polinomial*. 3. ed. Lavras: ESAL, 1983.
- LOPES, E.S.; OLIVEIRA, E.; DIAS, R.; SCHENCK, N.C. Occurrence and distribution of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in coffee (*Coffea arabica* L.) plantations in central São Paulo state, Brazil. *Turrialba*, v.33, p.417-422, 1983a.
- LOPES, E.S.; TOLEDO, S.V.; WUTKE, A.C.P.; CERVellini, G.S.; HIROCE, R.; DIAS, R.

- Efeitos do fungo micorrízico *Gigaspora margarita* no desenvolvimento de mudas de caféiro CV. Mundo Novo em condições de campo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 10., 1983, Poços de Caldas, MG. *Anais...* Rio de Janeiro: IBC/GERCA, 1983b. p.122-123.
- MALAVOLTA, E. Nutrição, adubação e calagem para o caféiro. In: RENA, A.B.; MALAVOLTA, E.; ROCHA, M.; YAMADA, T. (Eds.) *Cultura do caféiro*. Fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: POTAFOS, 1986. p.165-274.
- MENGE, J.A. Utilization of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in agriculture. *Canadian Journal of Botany*, v.61, p.1014-1024, 1983.
- MENGE, J.A.; LEMBRIGHT, H.; JOHNSON, E.L.V. Utilization of mycorrhizal fungi in citrus nurseries. *Proceedings of the International Society of Citriculture*, v.1, p.129-132, 1977.
- MOSSE, B. Specificity of vesicular-arbuscular mycorrhizas. In: SANDERS, F.E.; MOSSE, B.; TINKER, P.B. (Eds.) *Endomycorrhizas*. London: Academic Press, 1975. p.469-484.
- OLIVEIRA, E.; SIQUEIRA, J.O.; LIMA, R.D.; COLOZZI-FILHO, A.; SOUZA, P. Ocorrência de fungos micorrízicos vesículo-arbusculares em caféiro das regiões do Alto Paranaíba e Triângulo no Estado de Minas Gerais. *Hoehnea*, São Paulo, v.17, n.2, p.117-125, 1990.
- PAULA, M.A.; SIQUEIRA, J.O.; OLIVEIRA, L.N.; OLIVEIRA, E. Efetividade simbiótica relativa em soja de populações de fungos endomicorrízicos nativos e de isolados de *Glomus macrocarpum* e *Gigaspora margarita*. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.12, p.25-31, 1988.
- POWELL, C.L. Field inoculation with VA mycorrhizal fungi. In: POWELL, C.L.; BAGYARAJ, D.J. (Eds.), *VA Mycorrhiza*. New York: CRC Press, 1984. p.205-222.
- SAGGIN JÚNIOR, O.J.; SIQUEIRA, J.O.; COLOZZI-FILHO, A.; OLIVEIRA, E. Infestação do solo com fungos micorrízicos no crescimento pós-transplante de mudas de caféiro não micorrizadas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.16, p.39-46, 1992.
- SARRIÉS, G.A.; OLIVEIRA, J.C.V.; ALVES, M.C. SANEST. Piracicaba: CIAGRI, 1992. 80p. (Série Didática Ciagri, 6).
- SARRUGE, J.R.; HAAG, H.P. *Análises químicas em plantas*. Piracicaba: ESALQ/USP, 1974. 56p.
- SIQUEIRA, J.O.; COLOZZI-FILHO, A. Micorrizas vesículo-arbusculares em mudas de caféiro. II. Efeito do fósforo no estabelecimento e funcionamento da simbiose. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.10, p.207-211, 1986.
- SIQUEIRA, J.O.; FERNANDES, A.B.; COLOZZI-FILHO, A.; OLIVEIRA, E. Influência de cultivar e adubação fosfatada de plantio sobre a ocorrência de micorrizas vesículo-arbusculares em caféiro. *Ciência e Prática*, v.10, p.325-335, 1986.
- SIQUEIRA, J.O., ROCHA JÚNIOR, W.F.; OLIVEIRA, E.; COLOZZI-FILHO, A. The relationship between vesicular-arbuscular mycorrhiza and lime: Associated effects on the growth and nutrition of *Brachiaria grass (Brachiaria decumbens)*. *Biology and Fertility of Soils*, v.10, p.65-71, 1990.
- SOUZA, C.A.S.; OLIVEIRA, E.; CARVALHO, M.M. Desenvolvimento de mudas de caféiro (*Coffea arabica* L. cv Catuaí) micorrizadas nas condições de viveiro comercial, em substrato com e sem matéria orgânica e diferentes doses de superfosfato simples. *Ciência e Prática*, v.13, p.269-278, 1989.
- ZAMBOLIN, 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, I. 1985, Lavras, MG. *Anais...* Lavras: FAEPE, 1986. p.200.