

MICORRIZAS VESICULAR-ARBUSCULARES EM CAFEZEIROS DA REGIÃO SUL DO ESTADO DE MINAS GERAIS¹

ADAUTO B. FERNANDES² e JOSÉ OSWALDO SIQUEIRA³

RESUMO - Estudou-se a ocorrência de micorrizas vesicular-arbusculares nos cafezais da região sul do estado de Minas Gerais, que ocupavam uma área de 370 mil hectares. Foram coletadas, durante o verão, 154 amostras de solo e plantas em lavouras cafezeiras adultas em franca produção para análise de nutrientes. Colonização com fungo MVA foi verificada em todas as amostras, com taxas variando de 9,9% a 59,4%, com média de 27,4%. A densidade de esporos variou entre 1 a 120 por 50 ml de solo, com média de 19,6. Foram identificadas 30 espécies de fungos MVA, sendo oito pertencentes ao gênero *Acaulospora*, doze de *Glomus*, três de *Gigaspora*, quatro de *Scutellospora* e três de *Entrophospora*, além de duas espécies de *Acaulospora* e quatro de *Glomus* ainda não descritas. *Acaulospora scrobiculata*, *A. morrowae* e *A. mellea* foram as espécies predominantes e com índices de ocorrência superiores a 70%. Outras espécies que ocorrem em mais de 15% das amostras foram: *A. spinosa*, *Glomus etunicatum*, *G. diaphanum*, *G. occultum*, *G. fasciculatum*, *G. macrocarpum*, *G. microcarpum* e *Entrophospora colombiana*. Observação microscópica em segmentos de raízes revelou abundância de hifas enoveladas e poucos arbúsculos e vesículas. Embora exista relação entre a ocorrência de certas espécies e determinadas características de solo ou planta, as características analisadas não permitiram prever a ocorrência de certas espécies de fungos MVA neste agrossistema.

Termos para indexação: fungos micorrízicos, colonização, simbioses, endogonaceae, fungos do solo.

VESICULAR-ARBUSCULAR MYCORRHIZAE IN COFFEE PLANTATIONS IN SOUTH OF MINAS GERAIS STATE

ABSTRACT - The occurrence of vesicular-arbuscular mycorrhizae in coffee plantations which occupied an area of 370,000 ha in the south of Minas Gerais State, Brazil, was studied. One hundred and fifty-four soil and plant samples were collected from coffee tree plantations under production, during the summer time, for nutrient analysis. Colonization with VAM fungi was observed in every sample, with rates ranging from 9.9 to 59.4%, with mean of 27.4%. Spore density in the rhizosphere soil ranged from 1 to 120 per 50 ml, with mean of 19.6. Thirty species of VAM fungi were identified, eight of those belonging to the genus *Acaulospora*, twelve to *Glomus*, four to *Scutellospora*, three to *Gigaspora* and three to *Entrophospora*. In addition, two nondescribed species of *Acaulospora* and four of *Glomus* were found. *Acaulospora scrobiculata*, *A. morrowae* and *A. mellea* were the predominant species, occurring in more than 70% of the samples. Other species with occurrence index superior to 15% were: *A. spinosa*, *Glomus etunicatum*, *G. diaphanum*, *G. occultum*, *G. fasciculatum*, *G. macrocarpum*, *G. microcarpum* and *Entrophospora colombiana*. Microscopic examination in root segments revealed abundance of coiled hyphae, and very few arbuscules and vesicles. Although the occurrence of certain species was related to some soil and plant variables, the parameters analysed did not allow to predict the occurrence of certain species of VAM fungi in coffee agroecosystems.

Index terms: Mycorrhizae fungi, colonization, symbiosis, endogonaceae, soil fungi.

INTRODUÇÃO

A ocorrência de micorrizas vesicular-arbusculares (MVA) em cafeeiro é conhecida desde 1897 (Janse 1897), e vários trabalhos mais recentes têm demonstrado a dependência desta planta às MVA para o seu desenvolvimento normal, principalmente

em solos de baixa fertilidade ou desinfestados (Lopes et al. 1983b, Siqueira & Colozzi-Filho 1986). Plantas como o cafeeiro, que passam por estágio de viveiro, têm recebido atenção especial dos micorrizologistas na tentativa de inoculação e introdução de espécies de fungos MVA com alta efetividade simbiótica, uma vez que a desinfestação do substrato para controle fitossanitário do viveiro elimina a população micorrízica nativa.

A introdução de fungos MVA na agricultura está condicionada a duas estratégias básicas. A primeira utiliza-se da seleção de fungos introduzidos de outras regiões ou países, enquanto a segunda procura selecionar espécies isoladas do próprio agrossistema onde se pretende explorar a micorrização (Abbott & Robson 1984). Desse modo, o conhecimento sobre a

¹ Aceito para publicação em 28 de fevereiro de 1989.

Parte da Tese de Mestrado do primeiro autor. Trabalho financiado pela FINEP, em colaboração com o IBC. Apresentado na II Reunião Brasileira sobre Micorrizas, São Paulo, SP.

² Eng. - Agr., M.Sc., Fundação Faculdade de Agronomia "Luiz Meneghel", Caixa Postal 261, CEP 86360 Bandeirantes, PR.

³ Eng. - Agr., Ph.D., Departamento de Ciência do Solo, ESAL, Caixa Postal 37, CEP 37200 Lavras, MG.

ocorrência e diversidade da população micorrízica e suas relações ecológicas torna-se de fundamental importância para os programas de inoculação em larga escala.

No presente trabalho procurou-se avaliar a ocorrência e distribuição dos fungos MVA em cafeeiros da região sul do estado de Minas Gerais e sua relação com fatores edáficos, nutricionais e culturais.

MATERIAL E MÉTODOS

Características do agrossistema

A região cafeeira amostrada abrange uma área de aproximadamente 370.000 ha e cerca de 630 milhões de covas de cafeeiro. Estas lavouras estão plantadas principalmente sobre latossolos e podzólicos, sendo que o tamanho das lavouras variou de 0,5 ha a 111 ha, com média de 6,6 ha, e a idade de 5 a 30 anos, com média de 10 anos. As cultivares mais plantadas são: Mundo Novo (62,9%), Catuaí (36,4%) e Bourbon (0,7%). A maioria das mudas utilizadas no plantio destas lavouras foram adquiridas de terceiros (66%), enquanto apenas 34% foram produzidas na própria propriedade. Verificou-se o uso acentuado de insumos na cafeicultura desta região, como: adubação química (99%) e orgânica (55%), calagem (86%) e adubação foliar (82%). O cultivo das lavouras é feito predominantemente com o uso de máquinas, animais e enxadas, enquanto apenas 19,2% com utilização de herbicidas. Inseticidas e fungicidas são usados, respectivamente, por 61% e 64% dos produtores.

Amostragem e avaliação

Foram coletadas 154 amostras de solo da rizosfera de cafeeiros adultos da região sul do estado de Minas Gerais, durante o período de novembro a dezembro de 1985. A amostragem foi feita aleatoriamente em 41 municípios produtores da região, sendo o número de amostras coletadas por município determinado segundo o número de propriedades existentes nos mesmos, e as propriedades escolhidas ao acaso. Amostrou-se a lavoura em franca produção e mais representativa da propriedade, e não necessariamente a mais produtiva. De cada lavoura foram coletadas 20 subamostras de solo e raízes, perfazendo, após homogeneização, uma amostra composta de 1,5 kg.

Para amostragem removeram-se as folhas da superfície do solo e retirou-se uma faixa de solo e raízes, a partir do ponto médio entre o tronco e a projeção da copa, nos quatro pontos cardiais da planta, numa profundidade de 0 cm a 10 cm. Das mesmas plantas foram coletadas amostras do terceiro e quarto par de folhas a partir do ápice de ramos plagiotrópicos localizados na parte mediana da planta. As folhas foram analisadas quanto ao teor de macro e micronutrientes. Para cada propriedade foi feito um questionário de informações sobre o manejo do solo e da cultura.

No laboratório foram separadas manualmente as raízes do solo, sendo que 200 ml de solo foram armazenados a $\pm 5^{\circ}\text{C}$ para posterior extração e identificação dos esporos, e o restante foi secado ao ar e peneirado em crivo de 2 mm para análise química do solo. Após separação, as raízes foram lavadas, e duas amostras de aproximadamente 0,3 g de raízes finas foram selecionadas e fixadas em F.A.A. (formalina, ácido acético e álcool) para posterior observação e avaliação da colonização micorrízica.

A avaliação da ocorrência de fungo nas raízes foi feita através da quantificação da taxa de colonização micorrízica (TCM) e densidade de esporos nas amostras de solo da rizosfera. As amostras de raízes foram clarificadas em KOH (10%) por 30 minutos a 90°C e coradas com azul de tripano (Phillips & Hayman 1970), e a TCM estimada pelo método da placa quadrícula (Giovanetti & Mosse 1980). Os esporos foram extraídos de 50 ml de solo pelo método de peneiragem via úmida (Gerdemann & Nicolson 1963), utilizando-se peneiras de 720 μm a 53 μm de abertura, e separados dos fragmentos de solo por centrifugação em água a 3.000 rpm por 3 minutos e em sacarose (45%) a 2.000 rpm por 2 minutos. Após extração, os esporos foram contados com auxílio de microscópio estereoscópico (40x), transferidos para lâmina de microscopia em lactofenol e, com o uso de microscópio composto (400 a 1000x), caracterizados e identificados taxonomicamente (Schenck & Perez 1987).

Análises químicas foram feitas segundo metodologia descrita por Vettori (1969), com modificações da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (1979), em subamostras de solo da rizosfera. Determinou-se o pH em água (relação 1:2,5), Al^{+++} (extração por KCl 1N e determinação por titulação), Ca e Mg (extração em KCl 1N e determinação por absorção atômica), P disponível e K solúvel (Mehlich 1), Zn, Cu, Fe, Mn (extraído por Mehlich 1 e determinado por absorção atômica), carbono orgânico (oxidação úmida em $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) e percentagem de matéria orgânica estimada multiplicando-se a percentagem de carbono por 1,724.

Os teores de nutrientes nas folhas foram determinados pelas metodologias de Hunter (1975) e Sarruge & Haag (1974).

Na Tabela 1 são apresentadas as médias e amplitude de variação das características de solo e teores de nutrientes nas folhas de cafeeiro.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi observada colonização micorrízica em todas as amostras de segmentos radiculares avaliadas, sendo que a taxa de colonização micorrízica (TCM) variou de 9,9% a 59,4%, com média de 27,4%. O agrupamento desta variável em classes é apresentado na Fig. 1. Nos intervalos de TCM entre 15% - 30% e 31% - 45% encontram-se 57% e 31% das amostras, respectivamente. Apenas 3,2% das amostras apresentaram TCM maior que 45%, enquanto 8% destas apresentaram TCM menor que 15%.

A anatomia das MVA em cafeeiro tem sido pouco estudada. Alguns aspectos observados são apresentados nas Figs. 2A a F. Na Fig. 2E pode-se observar a presença intracelular de hifas enoveladas que ocorrem com elevada frequência nas raízes de cafeeiro. Lopes et al. (1983b) relataram apenas a presença de hifas enoveladas em raízes de mudas de cafeeiro previamente inoculadas com alguns fungos MVA. A presença de arbúsculos e vesículas observadas neste trabalho (Fig. 2F), e que ocorrem com baixa frequência, pode ser atribuída à colonização

TABELA 1. Amplitude de variação e média das variáveis de solo e teores de nutrientes de amostras foliares de cafeeiros da região sul do estado de Minas Gerais.

Variável	Amplitude	Média
a) Solo:		
pH do solo	4,4 a 6,9	5,6
Al (meq/100 g solo)	0,0 a 3,4	1,3
H + Al (meq/100 cc solo)	1,3 a 12,2	3,2
P (ppm)	2,0 a 73,0	17,1
Ca (meq/100 cc) de solo	0,9 a 9,0	3,9
Mg (meq/100 cc) de solo	0,3 a 4,3	1,6
Zn (ppm)	1 a 24	5,4
Cu (ppm)	0 a 38	2,8
Mn (ppm)	6 a 100	19
Fe (ppm)	13 a 98	33
Matéria orgânica (%)	1,2 a 8,8	3,3
b) Planta:		
N (%)	2,7 a 4,3	3,4
P (%)	0,1 a 0,2	0,1
K (%)	1,3 a 4,2	2,6
Ca (%)	0,6 a 1,5	0,9
Mg (%)	0,2 a 0,6	0,3
B (ppm)	3 a 79	3,3
Cu (ppm)	2 a 118	21,6
Mn (ppm)	31 a 544	171
Zn (ppm)	5 a 176	17

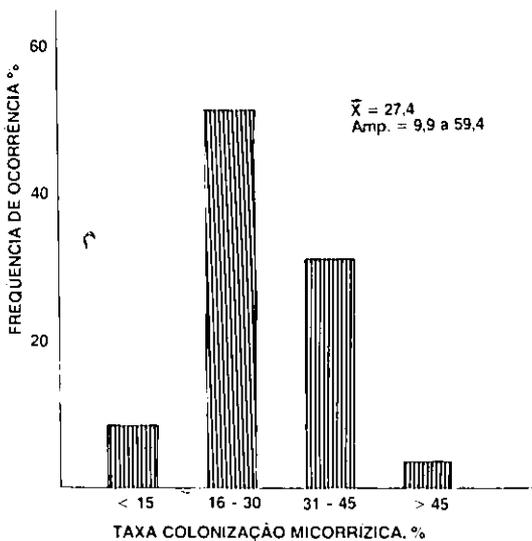


FIG. 1. Distribuição das classes de taxa de colonização micorrizica em cafeeiros da região sul do estado de Minas Gerais.

múltipla, isto é, por vários fungos MVA nativos, o que não foi o caso estudado pelos autores acima mencionados.

Os esporos de fungos MVA foram de ocorrência generalizada na rizosfera de cafeeiro. O índice de ocorrência dos vários gêneros, número de espécies encontradas, média e amplitude da densidade de esporos são apresentados na Tabela 2. Verifica-se a predominância da ocorrência do gênero *Acaulospora*, seguido por *Glomus*, *Entrophospora*, *Scutellospora* e *Gigaspora*. Não foi observada a presença de *Sclerocystis*, fato também relatado por Siqueira et al. (1986). Gêneros com maior índice de ocorrência apresentaram maior densidade de esporos ($Y = 0,896 + 0,115x$, $r = 0,94$, onde Y = índice de ocorrência e x = número de esporos), exceção feita ao gênero *Gigaspora*. A ocorrência generalizada do gênero *Acaulospora* também já foi observada em outros agrossistemas (Colozzi-Filho et al. 1986), e cafeeiros do estado de São Paulo (Lopes et al. 1983a).

Foram identificadas 36 espécies, incluindo duas do gênero *Acaulospora* e quatro do gênero *Glomus* ainda não descritas na literatura, conforme Tabela 3. *Acaulospora scrobiculata*, *A. morrowae* e *A. mellea* foram as espécies predominantes, ocorrendo em 76%, 75% e 71% das amostras, respectivamente. No gênero *Glomus*, predominaram *Glomus etnunicatum*, *G. diaphanum*, *G. fasciculatum*, *G. macrocarpum*, com índices de ocorrência bem inferiores aos das *Acaulospora*. No gênero *Gigaspora* foram encontradas apenas três espécies com baixo índice de ocorrência. *Scutellospora* foi um pouco mais freqüente que *Gigaspora*. *Entrophospora colombiana* foi a espécie que apresentou maior índice de ocorrência (17,5%) no gênero *Entrophospora*, enquanto *E. infrequens* e *Entrophospora* sp. ocorreram esporadica-

TABELA 2. Ocorrência relativa, número de espécies e densidade de esporos dos gêneros de fungos MVA em cafeeiros do sul do estado de Minas Gerais.

Gênero	Índice de ocorrência	Número de espécies	Nº de esporos/50 ml	
			Média	Amplitude
<i>Acaulospora</i>	98	10	13,7	1 - 90
<i>Glomus</i>	73	16	7,4	1 - 45
<i>Scutellospora</i>	10	4	1,4	1 - 4
<i>Gigaspora</i>	7	3	3,7	1 - 23
<i>Entrophospora</i>	20	3	2,2	1 - 11

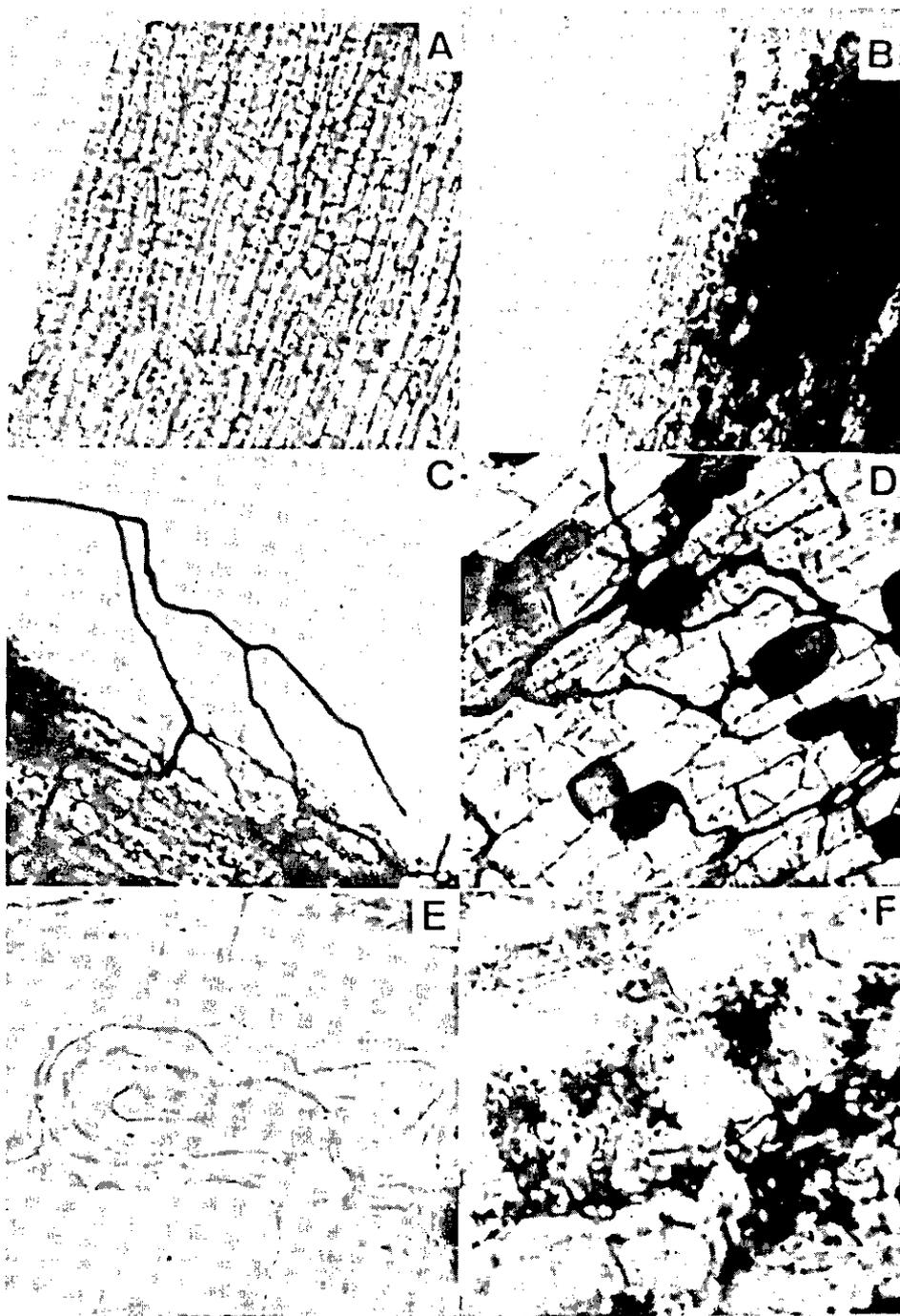


FIG. 2. Anatomia da infecção micorrízica vesicular-arbuscular em caféeiro. Raiz de caféeiro não colonizada (A) e colonizada (B); ponto de infecção (C); vesículas (D); hifas enoveladas (E) e arbúsculos (F).

TABELA 3. Ocorrência relativa, média e amplitude de esporos das espécies de fungos de MVA em cafeeiros do sul do estado de Minas Gerais.

Espécies	Índice de ocorrência	Densidade de esporos	
		Média *	Amplitude
%..... n ^o /50 ml	
<i>Acaulospora scrobiculata</i> (Trappe)	76,0	4,9	1 - 41
<i>Acaulospora morrowae</i> (Spain & Schenck)	75,0	5,0	1 - 40
<i>Acaulospora mellea</i> (Spain & Schenck)	71,0	5,5	1 - 50
<i>Acaulospora spinosa</i> (Walker & Trappe)	30,0	2,8	1 - 12
<i>Acaulospora longula</i> (Spain & Schenck)	9,1	1,6	1 - 5
<i>Acaulospora laevis</i> (Gerdemann & Trappe)	8,4	2,6	1 - 7
<i>Acaulospora mryocarpa</i> (Schenck, Spain & Sieverding)	6,5	10,0	1 - 17
<i>Acaulospora appendicula</i> (Spain, Sieverding e Schenck)	3,9	1,0	1
<i>Acaulospora</i> sp**	-	-	1 - 13
<i>Glomus etunicatum</i> (Becker & Gerdemann)	32,5	2,5	1 - 14
<i>Glomus diaphanum</i> (Morton & Walker)	22,7	2,6	1 - 18
<i>Glomus occultum</i> (Walker)	21,4	3,8	1 - 30
<i>Glomus fasciculatum</i> (Thaxter sensu Gerdemann)	16,9	3,2	1 - 16
<i>Glomus macrocarpum</i> (Tulasne & Tulasne)	15,6	6,0	1 - 33
<i>Glomus microcarpum</i> (Tulasne & Tulasne)	5,2	1,6	1 - 3
<i>Glomus intraradices</i> (Schenck & Smith)	4,5	2,4	1 - 6
<i>Glomus tortuosum</i> (Schenck & Smith)	4,5	4,7	1 - 6
<i>Glomus albidum</i> (Walker & Rhodes)	2,6	2,8	1 - 7
<i>Glomus aggregatum</i> (Schenck & Smith)	0,6	1,0	1
<i>Glomus mosseae</i> (Nicol & Gerd) Gerdemann & Trappe	0,6	1,0	1 - 25
<i>Glomus clarum</i> (Nicolson & Schenck)	0,6	1,0	1
<i>Glomus</i> sp **	-	-	1 - 25
<i>Scutellospora pellucida</i> (Nicolson & Schenck) Walker & Sanders	6,5	1,3	1 - 4
<i>Scutellospora verrucosa</i> (Koske & Walker) Walker & Sanders	1,8	1,7	1 - 2
<i>Scutellospora gilmorei</i> (Trappe & Gerdemann) Walker & Sanders	1,2	1,0	1
<i>Scutellospora depapillosa</i> (Koske & Walker) Walker & Sanders	0,6	1,0	1
<i>Gigaspora margarita</i> (Becker & Hall)	1,2	12,0	1 - 23
<i>Gigaspora decipiens</i> (Hall & Abbott)	0,6	1,0	1
<i>Gigaspora gigantea</i> (Nicol. & Gerd.) Gerd. & Trappe	0,6	1,0	1
<i>Gigaspora</i> sp.	-	1,4	-
<i>Entrophospora colombiana</i> (Spain & Schenck)	17,5	2,2	1 - 11
<i>Entrophospora infrequens</i> (Hall) Ames & Schneider	3,9	1,0	1
<i>Entrophospora</i> sp.	0,6	1,4	1

* Considerando apenas os locais onde a espécie ocorreu.

** Todas espécies não descritas e não identificadas.

mente. Análises de correlação não mostraram relações entre o índice de ocorrência e média de densidade de esporos das espécies, como foi verificado para os gêneros.

Das 140 espécies de fungos MVA descritas (Oliveira 1986), 50 já foram relatadas no Brasil (Schenk & Perez 1987). A presença de 36 espécies neste agrossistema evidencia sua alta diversidade. Entretanto, verifica-se a predominância das espécies *Acaulospora scrobiculata*, *A. morrowae* e *A. mellea*, que são também de ocorrência generalizada em outros ecossistemas do estado de Minas Gerais (Colozzi-Filho et al. 1986). Apesar de a densidade de esporos não refletir necessariamente o potencial de inóculo ou infectividade do solo, o alto índice de ocorrência destas espécies reflete sua maior capacidade de adaptação às condições edafoclimáticas dominantes. Este fato, aliado ao alto nível de tecnificação utilizado na cafeicultura, como constante trânsito de máquinas e tratores culturais, pode ter favorecido a dispersão de propágulos destes fungos, contribuindo para sua ocorrência generalizada nas lavouras. Essas três espécies ocorrem com elevada frequência em mudas de cafeeiro da região (Siqueira et al. 1987) e, como 66% das lavouras são formadas com mudas oriundas de terceiros, pode ter ocorrido maior facilidade de dispersão dessas espécies.

As espécies que têm mostrado alta efetividade simbiótica em mudas de cafeeiro, tais como *Gigaspora margarita*, *Glomus mosseae* e *G. clarum* (Lopes et al. 1983b, Zambolin et al. 1986), foram de ocorrência restrita. *G. margarita* ocorreu em apenas dois locais, sendo que numa amostra ocorreram 23 esporos, e em outra, apenas um. Já *G. clarum* e *G. mosseae* ocorreram apenas em uma amostra e com um esporo. Mesmo em ecossistemas com grande diversidade de espécies de fungo MVA observa-se que poucas espécies apresentam alto índice de ocorrência, enquanto outras ocorrem em sítios isolados (Lopes et al. 1983a, Siqueira et al. 1986).

A diversidade de espécies (número espécie/ amostra) variou de uma a treze, com média de cinco espécies. Segundo Abbott & Robson (1977), condições favoráveis de clima e solo possibilitam maior diversidade de espécies, o que pode estar relacionado com a maior densidade de esporos no solo (Koske & Halvorson 1981). Entretanto, no presente estudo não foi encontrada qualquer relação entre a densidade de esporos e diversidade de espécies, como também não foi observada preferência ou especificidade entre as espécies fúngicas e cultivar de cafeeiro plantada,

confirmando os resultados obtidos por Siqueira et al. (1986).

A análise de correlação entre variáveis fúngicas mostrou significância ($t \leq 0,05$) para as relações entre a TCM x número de esporos de *A. morrowae* ($r = -0,15$); número total de esporos x número de esporos das espécies predominantes ($r = -0,25$); número total de esporos x número de esporos de *A. morrowae* ($r = -0,15$); número de esporos de espécies predominantes x número de esporos de *A. morrowae* ($r = -0,16$) e número de esporos de *A. mellea* x número de esporos de *A. scrobiculata* ($r = -0,15$). Entretanto, não se encontrou relação entre TCM e número de esporos, o que também foi relatado por outros autores (Sparling & Tinker 1979, Saito et al. 1983). Análises semelhantes mostraram não haver efeitos das variáveis de solo e planta sobre a TCM. Entretanto, as amostras com TCM menores que 15% mostraram teores maiores de Ca + Mg e P e menores de Cu, Zn e Fe no solo e teores mais elevados de Cu e Mn nas folhas. Estes dados refletem de certo modo os efeitos das variações edáficas e nutricionais sobre os fungos nativos.

Mecanismos adicionais podem também estar envolvidos no controle da colonização micorrízica do cafeeiro. Por exemplo, no período das chuvas o sistema radicular encontra-se em fase de crescimento máximo e em plena atividade fisiológica. Como a TCM depende da capacidade de reinfecção das radículas pelos propágulos dos fungos nativos de cada local, os valores encontrados podem refletir diferenças de infectividade da população micorrízica nativa, e não dos fatores edáficos e nutricionais como avaliados aqui. Tal mecanismo dependeria de um balanço entre a produção de novas raízes e a capacidade infectiva da população nativa. Deve-se considerar, ainda, a influência das ervas daninhas, que podem ser ótimas multiplicadoras de fungos MVA e que diferiram quantitativamente e qualitativamente nas diversas lavouras amostradas.

Regressão múltipla entre os teores de nutrientes da planta e característica do solo, com densidade total e específica de esporos, e diversidade de espécies, também não mostrou relações muito claras (Tabela 4). De modo geral, os coeficientes de correlação são baixos ($r^2 \leq 0,24$), o que dificulta tirar conclusões. No entanto, algumas características fúngicas correlacionam negativamente com P e Ca no solo e/ou planta, indicando possíveis efeitos da calagem e adubação. A densidade de esporos de *A. spinosa* correlacionou-se negativamente com o teor de Zn no solo e Fe na planta, enquanto para *G. tortuosum* e *G.*

TABELA 4. Resumo da análise de regressão múltipla "stepwise" aplicada a variáveis fúngicas e variáveis de solo e de plantas de cafeeiro do sul do estado de Minas Gerais.

Variável dependente	Variável independente	Termo constante	Coefficiente regressão	Probabilidade t (%)	R ²
Número espécies	P no solo	6,097	-0,030	3,532	0,05
	Zn no solo		-0,082	9,474	0,07
Número total esporos	P no solo	23,574	-0,203	5,129	0,08
Número esporos de:					
<i>A. morrowae</i>	Ca na planta	4,682	-3,462	2,594	0,02
<i>A. scrobiculata</i>	pH do solo	17,693	-2,740	0,019	0,08
	Cu na planta		0,054	7,576	0,10
<i>A. mellea</i>	Matéria orgânica	-2,120	1,827	0,244	0,06
<i>A. spinosa</i>	pH do solo	22,812	-2,364	0,253	0,10
	Ca na planta		-4,491	1,222	0,13
	Zn no solo		-0,194	4,501	0,15
	Fe na planta		-0,006	6,684	0,17
<i>G. diaphanum</i>	Mn na planta	0,016	0,004	0,159	0,05
	Al no solo		-0,603	9,320	0,06
<i>G. tortuosum</i>	Fe no solo	-0,073	0,018	7,966	0,02
<i>G. microcarpum</i>	Fe na planta	-2,039	0,002	0,000	0,13
	K na planta		0,352	0,020	0,19
	Ca na planta		0,572	1,063	0,22
	Matéria orgânica		0,100	4,237	0,24
<i>G. occultum</i>	Zn no solo	0,091	0,129	9,082	0,02
<i>G. macrocarpum</i>	Fe no solo	2,900	-0,036	1,787	0,02
	Ca no solo		-0,277	5,444	0,04
<i>E. colombiana</i>	P na planta	2,106	-13,662	8,490	0,02

microcarpum os teores de Fe no solo e na planta, respectivamente, tiveram efeito positivo. *G. occultum* foi influenciado positivamente pelos teores de Zn no solo, enquanto a matéria orgânica parece ter influenciado positivamente a esporulação de *A. mellea* e *G. macrocarpum*. Como apontado por Anderson et al. (1983), mesmo aplicando-se regressão múltipla é difícil determinar, isoladamente, a influência das diversas variáveis do solo e planta para prever a abundância de fungos MVA em determinado agrossistema.

Na tentativa de estabelecer relações entre a ocorrência de espécies e variáveis edáficas, foi feita uma análise subjetiva, considerando as amplitudes de ocorrência das espécies dentro das variáveis de solo (Tabela 5). As espécies de *Acaulospora* e *Glomus* ocorreram indiferentemente ao pH do solo, enquanto os gêneros *Scutellospora* e *Gigaspora* tenderam a ocorrer em pH mais baixo. Verificou-se, também, tendência da maioria das espécies a não estarem presentes em solos com teores altos de Al, Mn, Cu, Zn, Fe e P. Os efeitos negativos de teores altos destes elementos no solo sobre os fungos MVA e a sim-

biose MVA já são bem conhecidos (Mosse 1981). Nota-se, no entanto, que certas espécies parecem apresentar maior capacidade adaptativa em relação aos teores de certos elementos no solo, o que também já foi observado por outros autores (Lopes et al. 1983a e Siqueira et al. 1986). *A. morrowae*, *A. mellea* e *G. macrocarpum* foram as únicas espécies que ocorreram em teores médio a alto de Al no solo, enquanto *A. scrobiculata*, *A. morrowae*, *A. mellea* e *G. etunicatum* também foram as únicas que ocorreram em teores mais altos de Mn no solo. Somente *A. scrobiculata*, *A. morrowae* e *A. mellea* ocorreram em solos com altos teores de Cu. O efeito detrimental de Ca + Mg e P parece ser mais intenso sobre as espécies do gênero *Scutellospora*, *Gigaspora* e *Entrophospora* e em menor expressão para as espécies do gênero *Acaulospora* e *Glomus*. Isto confirma resultados de Schenck & Perez (1987), mostrando que as espécies do gênero *Acaulospora*, especialmente *A. scrobiculata*, predominam sobre as demais em agrossistemas, quando comparados com ecossistemas naturais em áreas adjacentes.

De modo geral, observa-se que, quanto maior o

TABELA 5. Ocorrência de fungos MVA em diferentes classes de características químicas de solo da rizosfera de cafeeiros do sul do estado de Minas Gerais.

ESPÉCIES	pH			Al (mg/100 ml)			Mn (ppm)			Ca+Mg/mg			Zn (ppm)			Fe (ppm)			Cu (ppm)			P (ppm)		
	<5,1	5,1-6,2	>6,2	<1,2	1,2-2,4	>2,4	<36	36-59	>59	<5	5-9	>9	<8	8-16	>16	<28	28-56	56-113	113-25	>25	<2	2-4	>4	
<i>Acaulospora scrobiculata</i>	**	+	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
<i>Acaulospora narrowsae</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
<i>Acaulospora mellea</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
<i>Acaulospora spinosa</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
<i>Acaulospora longula</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
<i>Acaulospora laevis</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
<i>Acaulospora pvrilocarpa</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
<i>Acaulospora appendicula</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
<i>Glomus etunicatum</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
<i>Glomus diananum</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
<i>Glomus occultum</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
<i>Glomus fasciculatum</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
<i>Glomus macrocarpum</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
<i>Glomus microcarpum</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
<i>Glomus intraradices</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
<i>Glomus tortuosum</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
<i>Glomus aloicum</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
<i>Glomus apreatum*</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Glomus rosseau*</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Glomus claru*</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Scutellospora bellucida</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
<i>Scutellospora verrucosa</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
<i>Scutellospora gilmorei</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
<i>Scutellospora gibbiflora*</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
<i>Gigaspora rarcarita</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Gigaspora decipiens*</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Gigaspora gigantea*</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Entrophospora colombiana</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
<i>Entrophospora infrequens</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Entrophospora sp.</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

* Espécies que ocorreram apenas em uma amostra.

** + presente; - ausente.

Índice de ocorrência de determinada espécie, maior sua amplitude de ocorrência em relação às características do solo, ou seja, ocorrem em faixas mais amplas de pH, P, Al, Mn, Cu, Fe, Zn e Ca + Mg no solo (Tabela 6). Os elevados valores de r destas relações (0,72 a 0,90) confirmam que as espécies de ocorrência generalizada são mais adaptáveis às condições edáficas do ecossistema.

CONCLUSÕES

1. Detectou-se a presença de MVA em todas as amostras de raízes, sendo observada abundância de hifas enoveladas e poucos arbúsculos e vesículas.

2. Das 36 espécies de fungos MVA observadas neste agrossistema, foram encontradas dez espécies do gênero *Acaulospora*, dezesseis de *Glomus*, quatro de *Scutellospora*, três de *Gigaspora* e três de *Entrophospora*. O gênero *Acaulospora* teve ocorrência

TABELA 6. Índices de ocorrência das espécies de fungos MVA em relação à amplitude das características químicas do solo em que foram encontradas.

Característica	Equação (*)	Coefficiente de correlação
Fósforo	$y = 17,470 + 0,8027 x$	0,73
pH	$y = 0,871 + 0,0291 x$	0,72
Alumínio	$y = 0,287 + 0,0319 x$	0,72
Manganês	$y = 12,798 + 1,2984 x$	0,90
Cobre	$y = 3,384 + 0,3715 x$	0,76
Ferro	$y = 22,690 + 0,9100 x$	0,73
Zinco	$y = 4,679 + 0,2875 x$	0,75
Ca + Mg	$y = 3,609 + 0,1283 x$	0,76

* y = Amplitude de ocorrência da espécie para cada característica de solo.

x = Índice de ocorrência = [(Número amostras presentes/nº total de amostras), 100] da espécie.

generalizada, sendo *A. scrobiculata*, *A. morrowae* e *A. mellea* as espécies que predominaram.

3. As espécies que têm apresentado alta efetividade simbiótica para mudas de cafeeiro em condições controladas, como *Gigaspora margarita*, *Glomus clarum* e *Glomus mosseae*, são de ocorrência restrita nas lavouras cafeeiras.

4. Embora se tenha verificado relação entre ocorrência de certas espécies e determinadas características de solo e/ou planta, estas não são de grande valia para predizer a ocorrência de espécies dos fungos MVA. Entretanto, verificou-se que, quanto maior o índice de ocorrência da espécie, maior sua adaptabilidade às características químicas do solo.

AGRADECIMENTOS

A João Batista Corrêa, Moema L. Florence, Arnaldo Colozzi-Filho, Elisabeth de Oliveira, Ruben Dely Veiga e Paulo César Lima, pelas valiosas colaborações técnicas.

REFERÊNCIAS

- ABBOTT, L.K. & ROBSON, A.D. The distribution and abundance of vesicular-arbuscular endophytes in some western Australian soils. *Aust. J. Bot.*, **25**:515-22, 1977.
- ABBOTT, L.K. & ROBSON, A.D. Assessing the potential for widescale V.A. mycorrhizal inoculation. In: NORTH AMERICAN CONFERENCE ON MYCORRHIZAE, 6, Athens, 1984. *Proceedings...* Athens, s.ed., 1984. p.76-9.
- ANDERSON, L.C.; LIBERTA, A.E.; DICKMAN, L.A. Interaction of vascular plants and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi across a soil moisture-nutrient gradient. *Oecologia*, **64**:111-7, 1983.
- COLOZZI FILHO, A.; SIQUEIRA, J.O.; OLIVEIRA, E. Ocorrência de micorrizas vesicular-arbusculares em alguns eco e agrossistemas do Estado de Minas Gerais. In: REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 1, Lavras, 1985. *Anais...* Lavras, FAEPE, 1986. p.146.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos, Rio de Janeiro, RJ. *Manual de métodos de análise de solo*. Rio de Janeiro, 1979. n.p.
- GERDEMANN, J.W. & NICOLSON, T.H. Spores of mycorrhizal Endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting. *Trans. Mycol. Soc.*, **46**:235-44, 1963.
- GIOVANETTI, M. & MOSSE, B. An evaluation of techniques for measuring vesicular-arbuscular mycorrhizal infection in roots. *New Phytol.*, **84**:489-500, 1980.
- HUNTER, A.H. *Laboratory analysis of vegetal tissues samples*. Raleigh, NCSU, International Soil Fertility Evaluation and Improvement Program, 1975. Mimeografado.
- JANSE, J.M. Les endophytes radicaux de quelques plantes javanaises. *Ann. Jard. Botan.*, **24**:53-201, 1897.
- KOSKE, R.E. & HALVORSON, W.L. Ecological studies of vesicular-arbuscular mycorrhiza in a barrier sand dune. *Can. J. Bot.*, **59**:1413-22, 1981.
- 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*, **33**:417-22, 1983a.
- LOPES, E.S.; OLIVEIRA, E.; NEPTUNE, A.M.L.; MORAES, F.R.D. Efeito da inoculação do cafeeiro com diferentes espécies de fungos micorrízicos vesicular-arbusculares. *R. bras. Ci. Solo*, **7**:137-41, 1983b.
- MOSSE, B. *Vesicular-arbuscular mycorrhiza research for tropical agriculture*. Hawaii, Institute for Tropical Agriculture and Human Resources, 1981. 82p. (Research Bulletin, 194)
- OLIVEIRA, E. Taxonomia da endogonaceae. In: REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 1, Lavras, 1985. *Anais...* Lavras, FAEPE, 1986. p.100-19.
- PHILLIPS, J.M. & HAYMAN, D.S. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Trans. Br. Mycol. Soc.*, **55**:158-61, 1970.
- SAITO, S.M.T.; MARTINS, E.C.S.; FREITAS, J.R.; ROSTON, A.J. Ocorrência natural de micorrizas e *Rhizobium phaseoli* em áreas com feijoeiro. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, **18**(8):855-61, 1983.
- SARRUGE, J.R. & HAAG, H.P. *Análise química em plantas*. Piracicaba, ESALQ, 1974. 56p.
- SCHENCK, N.C. & PEREZ, Y. *Manual for the identification of VA mycorrhizal fungi*. Gainesville, INVAM/University of Florida, 1987. 245p.
- SIQUEIRA, J.O. & COLOZZI FILHO, A. Micorrizas vesicular-arbusculares em mudas de cafeeiro. II. Efeito do fósforo no estabelecimento e funcionamento da simbiose. *R. bras. Ci. Solo*, **10**:207-11, 1986.
- SIQUEIRA, J.O.; COLOZZI FILHO, A.; OLIVEIRA, E.; FERNANDES, A.B.; FLORENCE, M.L.D. Micorrizas vesicular-arbusculares em mudas de cafeeiro produzidas no sul do estado de Minas Gerais. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, **22**(1):31-8, 1987.
- SIQUEIRA, J.O.; FERNANDES, A.B.; OLIVEIRA, E.; COLOZZI-FILHO, A.; FLORENCE, M.L.D. Influência de cultivares e adubação fosfatada de plantio sobre a ocorrência de micorrizas vesicular-arbusculares. In: REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 1, Lavras, 1985. *Anais...* Lavras, FAEPE, 1986. p.75.

SPARLING, G.P. & TINKER, P.B. Mycorrhizal infection in penine grassland. I. Levels of infection in the field. *J. Appl. Ecol.*, 15:943-50, 1978.

VETTORI, L. **Métodos de análises de solos**. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura, 1969. 24p. (Boletim Técnico, 7)

ZAMBOLIN, L.; NEVES, J.C.L.; COSTA, H.; MACABEV, A.J. Efeito de doses de fósforo no crescimento de mudas de café na presença e ausência de fungos micorrízicos. In: REUNIÃO SOBRE MICORRIZAS, 1, Lavras, 1985. *Anais...* Lavras, FAEPE, 1986. p.200.