

# SOLOS E NUTRIÇÃO DE PLANTAS

## FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES NA FORMAÇÃO DE MUDAS DE CAFEIEIRO, EM SUBSTRATOS ORGÂNICOS COMERCIAIS <sup>(1)</sup>

FABRÍCIO SALES MASSAFERA TRISTÃO <sup>(2)</sup>; SARA ADRIAN LOPEZ DE ANDRADE <sup>(2)</sup>;  
ADRIANA PARADA DIAS DA SILVEIRA <sup>(2\*)</sup>

### RESUMO

Realizou-se um experimento, em casa de vegetação, em arranjo fatorial 9 x 4, com o objetivo de avaliar o efeito de substratos orgânicos comerciais e inoculação de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) no desenvolvimento de mudas de cafeeiro, cultivar 'Catuaí Amarelo', IAC 62. Utilizaram-se substratos à base de fibra de coco (Golden Mix 11, Golden Mix 47 e Golden Mix 80), casca de pinus (Rendmax, Vida Verde com adubação, Vida Verde sem adubação e Terra do Paraíso), solo puro e solo + esterco (70% e 30%, v/v), inoculando-se os FMAs *Glomus intraradices*, *Glomus etunicatum* e *Gigaspora margarita*. Manteve-se um tratamento sem inoculação. Aos 200 dias após transplante avaliaram-se: altura, diâmetro do caule, número de folhas, matéria seca da parte aérea, matéria fresca da raiz, teor de fósforo na parte aérea, colonização radicular, comprimento do micélio externo, atividade da fosfatase ácida e teores de pigmentos fotossintetizantes nas folhas do cafeeiro. Independentemente da micorrização, o melhor crescimento das mudas foi obtido no substrato Vida Verde sem adubação. Os melhores efeitos da micorrização foram constatados nas plantas colonizadas por *G. margarita* e crescidas nos substratos convencional (solo + esterco) e Vida Verde com adubação, nas quais se verificaram mais eficácia na utilização de P, o que reverteu em maior crescimento e produção de biomassa, resultando em maior eficiência simbiótica. No substrato solo + esterco, a micorrização favoreceu a concentração de pigmentos fotossintetizantes e diminuiu a atividade da fosfatase ácida nas folhas do cafeeiro.

**Palavras-chave:** café, *Coffea arabica*, micorriza, substrato, fosfatase ácida, pigmentos fotossintetizantes.

### ABSTRACT

#### ARBUSCULAR MYCORRHIZAL FUNGI ON THE DEVELOPMENT OF COFFEE PLANTLETS USING DIFFERENT ORGANIC SUBSTRATES

A greenhouse experiment with an alleatory factorial 9 x 4 scheme was carried out to evaluate the effects of different substrates and species of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) on the development of coffee plants, cultivar Catuaí Amarelo, IAC 62. Nine substrates were used: seven commercial organic substrates – four substrates containing composted pinus peel (Rendmax, fertilized Vida Verde, non-fertilized Vida Verde and Terra do Paraíso), three containing coconut fiber (Golden Mix-11, Golden Mix-47 and Golden Mix 80) and two using soil – a mixture of 70% soil and 30% cattle manure, usually used by the producer, and soil alone. The AMF were *Glomus intraradices*, *Glomus etunicatum* and *Gigaspora margarita*, and a control without AMF inoculation. The plants were harvested 200 days after transplanting and the following variables were analyzed – height, number of leaves, stem diameter, shoot dry weight,

<sup>(1)</sup> Recebido para publicação em 2 de fevereiro de 2005 e aceito em 15 de julho de 2006.

<sup>(2)</sup> Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Solos e Recursos Ambientais, Instituto Agrônomo, Caixa Postal 28, 13012-970 Campinas (SP). E-mail: fabtristao@bol.com.br; sara.adrian@egmail.com; apdsil@iac.sp.gov.br. \* Autor correspondente

root fresh weight, shoot P content, mycorrhizal colonization, total extraradical mycelium, acid phosphatase activity and photosynthetic pigments. Better plant growth conditions were obtained in the substrate Vida Verde without fertilization, regardless of mycorrhiza. Plants colonized by *G. margarita* and cultivated in the conventional substrate (soil + manure) and Vida Verde with fertilization showed higher P amounts and index of P utilization efficiency, which reverted in better growth and biomass production, resulting in higher symbiotic efficiency. Mycorrhizal plants, cultivated in soil + manure, showed higher chlorophyll values and lower acid phosphatase activity in coffee leaves.

**Key words:** coffee, *Coffea arabica*, mycorrhiza, substrate, acid phosphatase, photosynthetic pigments.

## 1. INTRODUÇÃO

Para a formação de lavouras cafeeiras, faz-se necessária a utilização de mudas de alta qualidade, com sistema radicular bem desenvolvido e maior vigor vegetativo, o que pode ser alcançado, utilizando-se um substrato adequado. O substrato recomendado para a produção de mudas de café é composto por solo (70%) e esterco de curral (30%) (v/v), enriquecido com fertilizantes químicos, o qual permite a obtenção de mudas de qualidade. A utilização de substratos comerciais para a produção de várias espécies de flores, de hortaliças e de algumas frutíferas, como citrus e maracujá, cresceu nos últimos anos.

As propriedades biológicas de um substrato estão relacionadas à comunidade microbiana presente no material (MAIORANO et al., 2002). A diversidade e atividade da microbiota influenciam diretamente várias características do substrato, tais como a agregação de suas partículas, a disponibilidade de determinados nutrientes, a aeração, o armazenamento de água e outros, refletindo no desenvolvimento da planta.

Os fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) também influenciam significativamente o crescimento das plantas, visto que sua capacidade de formar micorriza e de promover tal crescimento pode variar em razão do fungo, da planta e do ambiente, especialmente do substrato. As micorrizas arbusculares atuam como prolongamento do sistema radicular da planta hospedeira, capaz de aumentar a absorção de nutrientes, promover proteção contra patógenos, tolerância à seca e à salinidade (SILVEIRA, 1992).

Para a produção de mudas de cafeeiro, a simbiose com os FMAs torna-se extremamente importante, pois o cafeeiro possui elevada dependência micorrízica, principalmente em solos de baixa fertilidade (LOPES et al., 1983a; COLOZZI FILHO et al., 1994), com respostas positivas à micorrização. Tais respostas variam em função do tipo de solo (ANTUNES et al., 1988) e, principalmente, do nível de fósforo disponível (SIQUEIRA e COLOZZI FILHO, 1986). Baixa disponibilidade de P pode acarretar maior efeito benéfico da micorrização ao café (SAGGIN-JUNIOR e SIQUEIRA, 1996), que com alta disponibilidade, a resposta à simbiose é mínima (TRISTÃO et al., 2003). Este

é um fator importante para a produção de mudas em substratos comerciais, pois são geralmente pobres em nutrientes, havendo necessidade de emprego de fertilizantes, o que encarece o produto. Nesse aspecto, a utilização de fungos micorrízicos eficientes é uma possibilidade interessante, pois pode aumentar a eficiência na utilização dos fertilizantes, diminuindo a quantidade necessária para garantir o adequado desenvolvimento da muda de café.

Para a produção de mudas, devem ser priorizados os FMAs que tiveram elevada eficiência simbiótica e forem mais competitivos e adaptados ao solo/substrato, ambiente e manejo (SAGGIN-JUNIOR e LOVATO, 1999).

O emprego de FMAs em substratos não comerciais (misturas de diversos componentes em várias proporções) já foi avaliado para a produção de mudas de plantas cítricas (WEBER et al., 1990; SOUZA et al., 1997), maracujazeiro (BENTO et al., 1995; LIMA et al., 1997) e outras espécies. Entretanto, trabalhos com o objetivo de avaliar a obtenção de plantas micorrizadas em substratos orgânicos comerciais são escassos, principalmente no Brasil, onde essa inovação tecnológica é mais recente. Para a obtenção de mudas micorrizadas de limoeiro cravo, MAIORANO (2003) constatou que o substrato à base de fibra de coco, Golden Mix 47, com inoculação de *Glomus intraradices* promoveu melhor crescimento das plantas, quando comparado a outros substratos também comerciais.

O objetivo do presente estudo foi verificar o efeito de substratos orgânicos comerciais e a inoculação de diferentes espécies de FMAs no desenvolvimento de mudas de cafeeiro.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em casa de vegetação do Centro de Solos e Recursos Ambientais do Instituto Agrônomo (IAC), em Campinas, São Paulo, no período de agosto de 2003 a abril de 2004, em arranjo fatorial (9x4), sendo nove substratos e quatro FMAs, em delineamento inteiramente ao acaso com cinco repetições, totalizando 180 parcelas. Cada parcela constou de uma planta em vaso com capacidade de 3 dm<sup>3</sup>.

Os substratos de cultivo utilizados foram: solo puro; uma mistura solo (70%) + esterco bovino de curral maturado (30%) (volume/volume) e os substratos orgânicos comerciais à base de casca de pinus (Rendmax; Vida Verde com adubação; Vida Verde sem adubação e Terra do Paraíso) e de fibra de coco (Golden Mix 11; Golden Mix 47 e Golden Mix 80). Não foi realizada adubação em nenhum tratamento, mantendo as mesmas características químicas de quando adquiridos no comércio. A análise química dos substratos foi feita no Laboratório de Análise de Solo e Planta do IAC, segundo SONNEVELD et al. (1974) (Tabela 1).

Os tratamentos receberam inóculo das espécies de FMAs - *Glomus intraradices*, *Glomus etunicatum* e *Gigaspora margarita*, provenientes da coleção do IAC, o qual constou de pedaços de raiz colonizada, hifas e esporos dos fungos, multiplicados em *Brachiaria decumbens*. Foi mantido um controle sem inoculação de FMA, que recebeu um filtrado de solo-inóculo sem propágulos de FMA. As sementes de café, cultivar Catuaí Amarelo IAC 62, foram germinadas em vermiculita e transplantadas, quando se observou o par de folhas cotiledonares, estágio de orelha de onça. A inoculação foi feita no momento do transplantio para o substrato de cultivo. A irrigação foi realizada com base na capacidade de retenção de água, a qual foi mantida a 60%, previamente determinada para cada substrato pela diferença de massa entre o substrato saturado com água e o substrato seco ao ar. Até os 120 dias após transplantio, foi realizada adição de 150 mg N por vaso, juntamente com a irrigação, uma vez por semana, segundo FURLANI (1996).

Aos 175 dias após transplantio, foram determinados os teores de clorofila a, b e carotenóides, além da atividade da fosfatase ácida. Para a determinação do conteúdo de pigmentos fotossintetizantes realizou-se a extração dos pigmentos de 50 mg de tecido foliar (do segundo e

terceiro pares de folhas do ramo ortotrópico), utilizando-se dimetilsulfóxido, em banho-maria a 65 °C por 1 hora. A leitura dos extratos foi realizada por espectrofotometria (espectrofotômetro - Hitachi U-2000) em três comprimentos de onda: 470, 646 e 663 nm. O conteúdo de pigmentos foi obtido com base nas equações propostas por LICHTENTHALER e WELLBURN (1983) e os resultados expressos em mg mL<sup>-1</sup> de extrato.

A atividade da fosfatase ácida foi determinada segundo BESFORD (1980). Uma amostra de 100 mg de tecido foliar (do segundo e terceiro pares de folhas do ramo ortotrópico), cortado em pedaços de aproximadamente 3 x 2 mm, foi incubada em 8 mL de p-nitrofenolfosfato 125 mmol L<sup>-1</sup> em tampão acetato 0,1 mol L<sup>-1</sup> (pH 4,0) por 20 minutos a 30 °C. 5 mL da mistura reatora foram alcalinizados com NaOH 2 mol L<sup>-1</sup>; posteriormente realizou-se a leitura em espectrofotômetro (Hitachi U-2000) a 410 nm. Foi realizada uma curva-padrão com as seguintes concentrações de 4-nitrofenol: 0, 25, 50, 75, 100 e 125 mmol L<sup>-1</sup>. Os resultados foram expressos em mg de p-nitrofenolfosfato g<sup>-1</sup>.

A colheita ocorreu aos 200 dias após o transplantio, quando foram avaliados os seguintes parâmetros: altura, diâmetro do caule e número de folhas. Após coleta da parte aérea e das raízes, o substrato foi homogeneizado por agitação e coletou-se uma amostra para quantificação do micélio externo de FMA. A parte aérea coletada foi lavada com água destilada, seca em estufa com circulação de ar a 65 °C até massa constante, pesada para obtenção da massa da matéria seca da parte aérea, triturada em moinho tipo Wiley e utilizada para análise do teor de fósforo, o qual foi determinado segundo BATAGLIA et al. (1983). O índice de eficiência de utilização de P foi calculado segundo SIDDIQI e GLASS (1981), da seguinte forma: IEU = (massa da matéria seca da parte aérea)<sup>2</sup>/ acúmulo do nutriente na parte aérea.

**Tabela 1.** Resultados das análises químicas dos substratos utilizados nos experimentos.

Substrato	pH	P		K		Ca		Mg		V	B		Cu		Fe		M.O. g dm <sup>-3</sup>	C org g kg <sup>-1</sup>	C/N
		— mg dm <sup>-3</sup> —	— mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> —	— mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> —	— mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> —	— mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> —	— mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> —	— mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> —	— mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> —		— mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> —	— mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> —	— mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> —	— mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> —					
Solo puro	5,0 <sup>1</sup>	8	12	2,3	0,6	49	0,2	5,8	11,0	22	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Solo (70%) + esterco (30%)	5,6 <sup>1</sup>	405	1142	5,8	3,1	81	0,5	6,4	58,0	48	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Rendmax	5,0 <sup>2</sup>	6	124	0,3	0,3	-	0,0	0,1	0,2	-	343	50	-	-	-	-	-	-	-
Vida Verde c/ adubação	5,1 <sup>2</sup>	6	110	0,1	0,1	-	0,1	0,0	0,6	-	302	69	-	-	-	-	-	-	-
Vida Verde s/ adubação	4,8 <sup>2</sup>	1	56	0,1	0,1	-	0,1	0,1	0,4	-	306	78	-	-	-	-	-	-	-
Terra do Paraíso	5,1 <sup>2</sup>	15	48	0,1	0,1	-	0,2	0,0	0,5	-	141	62	-	-	-	-	-	-	-
Golden Mix 11	4,6 <sup>2</sup>	34	365	0,2	0,1	-	0,6	0,3	0,3	-	420	60	-	-	-	-	-	-	-
Golden Mix 47	4,5 <sup>2</sup>	84	459	0,3	0,1	-	0,9	0,1	0,7	-	388	55	-	-	-	-	-	-	-
Golden Mix 80	4,5 <sup>2</sup>	2	109	0,0	0,0	-	0,1	0,1	0,2	-	467	106	-	-	-	-	-	-	-

(<sup>1</sup>) pH em solução CaCl<sub>2</sub>, (<sup>2</sup>) pH em água.

A raiz coletada foi lavada em água corrente sob peneira de malha 0,53 mm, seca em papel absorvente e pesada para obtenção da matéria fresca da raiz. Para avaliação da porcentagem de colonização, amostras de 1 g de raiz foram clarificadas com KOH a 4% por 10 minutos, acidificadas com HCl a 2% por 12 horas e coradas com “trypan-blue” por 5 minutos (PHILLIPS e HAYMAN, 1970) e a colonização avaliada pelo método da lâmina com segmentos de raiz (GIOVANNETTI e MOSSE, 1980), com o auxílio de um microscópio estereoscópio, com aumento de até 40 vezes.

A extração do micélio externo de FMA, a partir de 5 g do substrato suspenso em 1500 mL de água, e a determinação do comprimento de micélio externo total foram realizadas segundo MELLONI e CARDOSO (1999).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e teste de Tukey a 5% utilizando-se o programa SANEST. Os dados referentes à colonização das raízes foram transformados para arco-seno da raiz de x.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As variáveis de crescimento das mudas de café foram influenciadas pelos diferentes substratos e pelos FMAs (Tabela 2). Em plantas que se desenvolveram no substrato Vida Verde sem adubação, observaram-se maior produção de matéria seca da parte aérea, matéria fresca de raiz, diâmetro do caule, altura e número de folhas, seguido pelos substratos Golden Mix 47, Solo + esterco, Golden Mix 11, Vida Verde com adubação e Rendmax, que também proporcionaram mudas bem desenvolvidas. Os substratos Golden Mix 80, Terra do Paraíso e Solo puro não foram adequados para a produção de mudas de café, pois as plantas que neles se desenvolveram tiveram menor crescimento.

O efeito benéfico do estabelecimento da associação micorrízica na obtenção de mudas de café, em solo com adição ou não de matéria orgânica, já tem sido relatado desde a década de 80 (LOPES et al., 1983a,b; COLOZZI FILHO et al., 1994; SAGGIN- JUNIOR e SIQUEIRA, 1995). No presente trabalho, constatou-se que, principalmente, no solo + esterco (substrato convencional) e no Vida Verde com adubação (substrato comercial), a micorrização influenciou positivamente o crescimento das mudas de café (Tabela 2); os maiores valores de produção de matéria seca de parte aérea, diâmetro do caule e altura foram observados em plantas colonizadas por *G. margarita*. A eficiência dessa espécie de FMA em promover maior crescimento do café, em solo, já foi constatada por diversos autores (LOPES et al.,

1983b; SIQUEIRA et al., 1994; BHATTACHARYA e BAGYARAJ, 2002) e confirmada para alguns substratos orgânicos comerciais (Tabela 2).

Maior resposta à interação substrato x FMA foi observada para a produção de matéria fresca de raiz, com significativa influência da micorrização nas plantas cultivadas, principalmente, nos substratos Vida Verde com adubação e sem adubação, Rendmax e Solo + esterco, quando micorrizadas por *G. margarita*, observando-se incrementos de 267, 15, 30 e 165% respectivamente. Quando colonizadas por *G. etunicatum*, também nos substratos Solo + esterco e Vida Verde sem adubação, verificaram-se nas mudas acréscimo de 113% e 31%, respectivamente, em relação ao controle (Tabela 2).

Na maioria dos substratos utilizados, houve um padrão de crescimento bastante semelhante nas plantas, apesar da grande diferença que havia entre os substratos, não somente quanto ao nível de fertilidade (Tabela 1), mas, certamente, quanto às características físicas e biológicas. O efeito da micorrização não ocorreu da forma esperada, pois, geralmente, maior efeito micotrófico é observado nos substratos com baixo nível de fertilidade, o que não se constatou neste experimento. Ao contrário, no substrato convencional, solo + esterco, em que houve maior fertilidade, o fungo *Gigaspora margarita* foi eficiente na promoção do crescimento das plantas, não demonstrando, entretanto, o mesmo desempenho nos demais substratos, exceto no Vida Verde com adubação. Um dos fatores que pode ter influenciado na resposta do café foi o nível de N no solo/substrato que estava abaixo do adequado, apesar de ter sido adicionado ao longo do experimento. A relação C/N dos substratos estava alta (Tabela 1) e, portanto, o processo de imobilização dos nutrientes, principalmente do N, diminuiu sua disponibilidade para as plantas, o que refletiu no seu desenvolvimento. MAIORANO (2003), empregando os mesmos substratos para formação de mudas de limoeiro, inclusive com a inoculação de *G. intraradices* e *G. etunicatum*, observou efeito benéfico da micorrização em todos os substratos. Novamente, ressalta-se a importância do sistema FMA – planta hospedeira – solo/substrato como fator determinante do desempenho da associação (ANTUNES et al., 1988).

A colonização micorrízica foi maior nos substratos que continham solo na sua composição (Solo puro e Solo + esterco) do que nos substratos orgânicos comerciais (Tabela 3), nos quais foi inferior a 10%. MAIORANO (2003), em limoeiro ‘Cravo’, também constatou baixos níveis de colonização micorrízica,

principalmente no substrato Golden Mix –47, no qual, entretanto, as plantas tiveram melhor crescimento. O teor de matéria orgânica pode ter influenciado a colonização das raízes, como observado por TRINDADE et al. (2000). Nos tratamentos-controle dos substratos solo puro, solo + esterco e Vida Verde sem adubação ocorreu colonização das raízes, pois os substratos não foram submetidos à fumigação, não invalidando, entretanto, a condição de testemunha, pois se tratava de espécies nativas, provavelmente de baixa eficiência. Nos substratos solo puro e solo + esterco, a maior porcentagem de colonização foi obtida com *G. intraradices*, enquanto nos demais substratos orgânicos comerciais, o FMA *G. margarita* proporcionou a maior porcentagem de colonização.

Na tabela 3, também, são apresentados os valores do comprimento de micélio externo total (MET) dos FMAs. Contrariando o observado por CARDOSO FILHO et al. (1999) e por NOGUEIRA e CARDOSO (2000), a produção de micélio externo pelas diferentes espécies

de FMAs não foi influenciada pelo teor de fósforo dos substratos. Obteve-se um comprimento médio de, aproximadamente,  $2,6 \text{ m g}^{-1}$  nos substratos Solo + esterco, Golden Mix 47, Solo puro e Vida Verde com adubação, respectivamente, com os teores de fósforo de 405; 84; 8 e  $6 \text{ mg dm}^{-3}$  (Tabela 1). Em MET não houve diferenças significativas entre os substratos utilizados para *G. margarita*, mas para *G. intraradices*, maiores comprimentos foram obtidos nos substratos Golden Mix 80 e Vida Verde sem adubação, e para *G. etunicatum*, no substrato Vida Verde sem adubação. A relação entre produção de micélio externo e porcentagem de colonização já foi relatada (ABBOTT e ROBSON, 1985), entretanto, não houve no presente experimento. Pôde-se observar que nos tratamentos em que as plantas estavam com baixa porcentagem de colonização houve tanto alto quanto baixo comprimento de micélio externo, como no caso do substrato Vida Verde sem adubação, onde a colonização pelo fungo *G. etunicatum* foi baixa (4,8%), mas o micélio externo total foi alto ( $9,3 \text{ m g}^{-1}$ ).

**Tabela 2.** Matéria seca da parte aérea (MSPA), matéria fresca de raiz (MFR), diâmetro do caule, altura e número de folhas das mudas de cafeeiro sob influência de fungos micorrízicos arbusculares em diferentes substratos

Fungos	Substrato <sup>(1)</sup>								
	GM47	Solo +	GM11	GM80	VVc	VVs	Terra P	Rend	Solo
	MSPA (g)								
Controle	3,7 a B	2,0 b CDE	2,7 a BCD	0,5 a E	1,4 a CDE	5,8 a A	0,4 a E	3,0 a BC	1,1 a DE
<i>G. intraradices</i>	3,2 a B	2,9 b B	2,0 a BC	0,3 a D	2,4 a B	6,1 a A	0,4a CD	3,5 a B	0,6 a CD
<i>G. margarita</i>	2,8 a BC	5,2 a A	2,8 a BC	0,7 a D	2,4 a BC	5,3 a A	0,5 a D	3,5 a B	1,3 a CD
<i>G. etunicatum</i>	3,5 a B	3,1 b B	2,9 a BC	0,5 a D	1,4 a CD	5,7 a A	0,6 a D	3,0 a BC	0,6 a D
	MFR (g)								
Controle	7,9 a B	3,1 b C	12,6 ab A	1,6 a C	3,3 c C	13,8 b A	1,6 a C	9,7 ab AB	2,3 a C
<i>G. intraradices</i>	7,5 a BC	4,7 ab CD	10,3 b AB	0,9 a D	8,2 b BC	13,0 b A	2,3 a D	11,0 ab AB	1,2 a D
<i>G. margarita</i>	8,4 a BC	8,2 a C	14,4 a A	2,2 a D	12,1 a ABC	15,7 ab A	2,5 a D	12,6 a AB	2,6 a D
<i>G. etunicatum</i>	8,5 a B	6,6 a BC	13,9 ab A	1,7 a D	2,6 c CD	18,1 a A	2,7 a CD	9,1 b B	1,3 a D
	Diâmetro do caule (mm)								
Controle	2,9 a BC	2,5 b CD	3,1 a B	2,1 a DE	2,1 c DE	3,8 a A	2,0 a DE	3,0 a BC	1,8 b E
<i>G. intraradices</i>	3,1 a BC	2,7 b BC	3,0 a BC	1,7 a D	2,6 b C	3,8 a A	2,0 a D	3,2 a B	1,9 ab D
<i>G. margarita</i>	3,2 a B	3,2 a B	3,3 a B	2,0 a C	3,1 a B	3,9 a A	2,0 a C	3,2 a B	2,3 a C
<i>G. etunicatum</i>	3,1 a BC	2,7 b CD	3,4 a B	1,8 a E	2,2 bc DE	4,2 a A	2,0 a E	3,1 a BC	2,0 ab E
	Altura (cm)								
Controle	23,8 a AB	15,7 c CD	23,6 a AB	10,0 a E	13,3 b DE	27,3 a A	10,0 a E	20,5 a BC	12,3 a DE
<i>G. intraradices</i>	24,2 a AB	20,2 bc B	22,7 a AB	8,0 a C	21,2 a B	27,8 a A	10,7 a C	22,0 a B	8,8 a C
<i>G. margarita</i>	25,6 a A	25,9 a A	26,6 a A	11,3 a B	23,0 a A	27,4 a A	12,2 a B	22,6 a A	11,9 a B
<i>G. etunicatum</i>	27,3 a A	20,5 b BC	25,0 a AB	9,8 a E	13,1 b DE	29,0 a A	12,5 a E	18,6 a CD	9,9 a E
	Número de folhas								
Controle	18,8 a AB	14,4 b CD	16,4 a BCD	12,8 a D	15,2 b BCD	22,8 b A	12,8 a D	18,4 a BC	17,2 a BC
<i>G. intraradices</i>	18,8 a B	16,8 b BC	16,4 a BCD	12,4 a D	16,8 ab BC	26,4 a A	13,6 a CD	19,2 a B	13,6 b CD
<i>G. margarita</i>	17,2 a BCD	22,8 a A	18,0 a BC	13,6 a D	18,8 a AB	20,8 b AB	14,0 a CD	19,2 a AB	14,4 ab CD
<i>G. etunicatum</i>	18,8 a B	16,8 b BCD	16,8 a BCD	12,8 a D	14,8 b BCD	23,6 ab A	13,6 a D	18,0 a BC	14,0 ab CD

Letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. Letra minúscula: compara fungos no mesmo substrato; letra maiúscula: compara substratos no mesmo fungo. <sup>(1)</sup> GM47: Golden Mix 47; Solo +: mistura solo (70%) + esterco de curral (30%) (v/v); GM11: Golden Mix 11; GM80: Golden Mix 80; VVc: Vida Verde com adubação; VVs: Vida Verde sem adubação; Terra P: Terra do Paraíso; Rend: Rendmax; Solo: Solo puro.

**Tabela 3.** Colonização micorrízica nas mudas de cafeeiro e comprimento de micélio externo de fungos micorrízicos, em diferentes substratos

Fungos	Substrato <sup>(1)</sup>								
	GM47	Solo +	GM11	GM80	VVc	VVs	Terra P	Rend	Solo
	Colonização (%)								
Controle	0,0 b C	17,1 d B	0,0 b C	0,0 c C	0,0 c C	1,4 c C	0,0 a C	0,0 c C	29,5 b A
<i>G. intraradices</i>	4,1 a CD	39,1 a A	5,5 a BCD	6,8 a BC	6,8 b BC	8,7 a B	3,1 b D	3,1 b D	36,1 a A
<i>G. margarita</i>	5,8 a DE	31,8 b A	5,8 a DE	8,8 a CD	20,1 a B	11,5 a C	10,7 a C	4,8 b E	33,1 ab A
<i>G. etunicatum</i>	4,5 a DE	24,8 c B	5,2 a CDE	4,1 b E	7,8 b CD	4,8 b DE	5,5 b CDE	8,4 a C	32,7 ab A
	Micélio externo (m g <sup>-1</sup> )								
Controle	0,0 b B	1,6 a AB	0,0 c B	0,0 c B	0,0 b B	0,6 b B	0,0 b B	0,0 a B	3,2 a A
<i>G. intraradices</i>	2,2 a CD	1,9 a CD	4,8 a B	7,4 a A	3,2 a BCD	9,6 a A	1,1 ab D	1,3 a CD	3,6 a BC
<i>G. margarita</i>	2,5 a A	2,1 a A	3,2 ab A	2,3 b A	2,8 a A	1,7 b A	2,7 a A	0,9 a A	2,8 a A
<i>G. etunicatum</i>	2,3 a B	2,9 a B	2,5 b B	2,8 b B	3,2 a B	9,3 a A	1,0 ab B	1,5 a B	1,8 a B

Letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. Letra minúscula: compara fungos no mesmo substrato; letra maiúscula: compara substratos no mesmo fungo. <sup>(1)</sup> GM47: Golden Mix 47; Solo +: mistura solo (70%) + esterco de curral (30%) (v/v); GM11: Golden Mix 11; GM80: Golden Mix 80; VVc: Vida Verde com adubação; VVs: Vida Verde sem adubação; Terra P: Terra do Paraíso; Rend: Rendmax; Solo: Solo puro.

No geral, os maiores teores de P foram observados na parte aérea das plantas que se desenvolveram nos substratos Vida Verde sem adubação e Rendmax (Tabela 4). O teor de P também foi influenciado positivamente pela micorrização nas plantas que se desenvolveram nos substratos Golden Mix 47, Vida Verde com adubação e Rendmax, mas por fungos diferentes. Com relação à quantidade de fósforo acumulada na parte aérea das mudas de café, os maiores valores foram encontrados nas plantas que se desenvolveram no substrato Vida Verde sem adubação, enquanto que os menores, nas plantas que cresceram nos substratos Golden Mix 80, Terra do Paraíso e Solo puro. Somente a micorrização com *G. intraradices* e *G. margarita* nos substratos Solo + esterco, Vida Verde com adubação e Rendmax proporcionou um acréscimo de P na parte aérea de cerca de 139%, em média, em relação às mudas não micorrizadas. Já a micorrização das plantas crescidas no substrato Vida Verde sem adubação influenciou negativamente o acúmulo de P nas plantas, havendo um decréscimo de cerca de 17%, em relação às mudas não colonizadas, independentemente do FMA inoculado. Quanto ao índice de eficiência de utilização de fósforo (IEUP), que é uma relação entre MSPA e quantidade de fósforo acumulada na planta, as plantas com os maiores valores foram, principalmente, as cultivadas no substrato convencional - solo + esterco, enquanto os menores valores foram observados nos tratamentos com Golden Mix 80, Terra do Paraíso e solo puro (Tabela 4). Nas plantas colonizadas por *G. margarita* observaram-se significativamente, os maiores valores de IEUP, quando crescidas nos substratos solo+esterco, Vida Verde com adubação e solo puro, revelando que, nesses substratos, a micorrização proporcionou conversão significativa do fósforo absorvido em massa vegetal.

Na tabela 5, encontram-se os valores de eficiência simbiótica (ES) das diferentes espécies de FMAs, ou seja, a diferença de produção de MSPA, em porcentagem, entre as plantas micorrizadas e as não-micorrizadas. As maiores ES foram observadas nos substratos Solo + esterco, Vida Verde com adubação e Terra do Paraíso. As inoculações tiveram efeito negativo no substrato Golden Mix 47, no qual a MSPA das plantas foi cerca de 14% inferior em relação à testemunha, diferindo dos resultados obtidos para o limoeiro 'Cravo' micorrizado, para o qual o melhor substrato foi esse à base de fibra de coco (MAIORANO, 2003).

A atividade da enzima fosfatase ácida é uma forma de avaliação do estado nutricional em P da planta, e sua atividade aumenta à medida que a deficiência de P se eleva, ocorrendo diminuição na produção e na área foliar (ASCENCIO, 1994). Os valores da atividade da fosfatase ácida nas folhas das mudas de cafeeiro são encontrados na tabela 6. Apesar de a atividade não ter sido influenciada significativamente pelas diferentes espécies de FMAs que colonizavam as plantas, constatou-se que nas plantas micorrizadas, em alguns substratos como Golden Mix 47, Solo + esterco e Golden Mix 80, a atividade da fosfatase diminuiu em cerca de 40%, em média, com relação à planta não micorrizada. KONRAD (2003) também constatou diminuição na atividade da enzima em plantas de café colonizadas por *G. margarita*, quando a saturação por bases do solo aumentou. Os diferentes substratos utilizados influenciaram de forma diferente a atividade da enzima nas folhas do cafeeiro. Nas plantas cultivadas nos substratos Vida verde sem adubação e Rendmax houve alta atividade da fosfatase e teor e acúmulo de P na parte aérea (Tabela 4), contrariando os resultados esperados, enquanto naquelas crescidas no Golden Mix 47,

ocorreu maior teor de P e baixa atividade da enzima, como esperado. Nem sempre a disponibilidade de fósforo do substrato (Tabela 1) se relacionou com a atividade da fosfatase, pois foram observados valores altos de atividade em substratos como o Golden Mix

11, cuja análise química indicou  $34 \text{ mg dm}^{-3}$  de P. Já nos substratos Solo + esterco e Golden Mix 47, em que se observaram os maiores valores de P disponível, a atividade da fosfatase nas folhas do cafeeiro foi baixa, conforme esperado.

**Tabela 4.** Concentração, quantidade acumulada e índice de eficiência de utilização de fósforo em mudas de café sob influência de fungos micorrízicos, em diferentes substratos

Fungos	Substrato <sup>(1)</sup>								
	GM47	Solo +	GM11	GM80	VVc	VVs	Terra P	Rend	Solo
Concentração ( $\text{g kg}^{-1}$ )									
Controle	2,8 b B	1,1 a C	0,9 a C	0,5 a D	0,8 b CD	3,6 a A	2,5 a B	2,9 c B	1,1 a C
<i>G. intraradices</i>	3,2 a A	1,2 a DE	1,2 a CD	0,5 a F	1,6 a C	3,2 b A	2,1 b B	3,3 ab A	0,8 a EF
<i>G. margarita</i>	2,2 c B	1,3 a C	1,1 a CD	0,7 a E	1,3 a C	3,2 b A	2,5 a B	3,0 bc A	0,7 a DE
<i>G. etunicatum</i>	2,8 b B	1,1 a D	0,9 a DE	0,5 a F	0,6 b EF	3,1 b B	2,3 ab C	3,5 a A	0,7 a DEF
Quantidade acumulada ( $\text{mg planta}^{-1}$ )									
Controle	9,7 a B	2,1 b C	2,5 a C	0,2 a C	1,1 b C	21,6 a A	0,9 a C	8,7 b B	1,1 a C
<i>G. intraradices</i>	8,7 a C	2,9 b DE	2,4 a DEF	0,1 a F	3,8 a D	18,7 b A	0,9 a EF	11,7 a B	0,4 a F
<i>G. margarita</i>	5,8 b C	6,0 a C	3,1 a DE	0,5 a F	4,6 a CD	17,4 b A	1,4 a EF	9,7 ab B	1,1 a EF
<i>G. etunicatum</i>	9,5 a B	3,7 b C	2,5 a CD	0,2 a D	0,8 b D	17,5 b A	1,3 a CD	9,5 b B	0,4 a D
Índice de Eficiência de Utilização de Fósforo ( $\text{g}^2 \text{ mg}^{-1}$ ) <sup>(2)</sup>									
Controle	1,3 a B	1,7 c B	2,9 a A	1,0 a BC	1,7 b B	1,6 a B	0,1 a C	1,0 a BC	0,9 b BC
<i>G. intraradices</i>	0,9 a BCD	2,2 bc A	1,5 b ABC	0,6 a CD	1,5 b ABC	1,8 a AB	0,2 a D	1,1 a BCD	0,7 b CD
<i>G. margarita</i>	1,2 a CD	4,1 a A	2,4 a B	1,1 a CD	2,7 a B	1,7 a BC	0,2 a D	1,0 a CD	2,0 a BC
<i>G. etunicatum</i>	1,2 a BCD	2,7 b A	2,8 a A	0,9 a CD	2,0 ab AB	1,9 a ABC	0,2 a D	0,8 a D	0,8 b D

Letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. Letra minúscula: compara fungos no mesmo substrato; letra maiúscula: compara substratos no mesmo fungo. <sup>(1)</sup> GM47: Golden Mix 47; Solo +: mistura solo (70%) + esterco de curral (30%) (v/v); GM11: Golden Mix 11; GM80: Golden Mix 80; VVc: Vida Verde com adubação; VVs: Vida Verde sem adubação; Terra P: Terra do Paraíso; Rend: Rendmax; Solo: Solo puro. <sup>(2)</sup> Índice de eficiência de utilização de P = (massa da matéria seca da parte aérea)<sup>2</sup> / acúmulo de P na parte aérea.

**Tabela 5.** Eficiência simbiótica dos fungos micorrízicos arbusculares em mudas de cafeeiro, em diferentes substratos

Fungos	Substrato <sup>(1)</sup>								
	GM47	Solo +	GM11	GM80	VVc	VVs	Terra P	Rend	Solo
Eficiência Simbiótica (%) <sup>(2)</sup>									
<i>G. intraradices</i>	-13,5	45,0	-25,9	-40,0	71,4	5,2	0,0	16,7	-45,4
<i>G. margarita</i>	-24,3	160,0	3,7	40,0	71,4	-8,6	25,0	16,7	18,2
<i>G. etunicatum</i>	-5,4	55,0	7,4	0,0	0,0	-1,7	50,0	0,0	-45,4

<sup>(1)</sup> GM47: Golden Mix 47; Solo +: mistura solo (70%) + esterco de curral (30%) (v/v); GM11: Golden Mix 11; GM80: Golden Mix 80; VVc: Vida Verde com adubação; VVs: Vida Verde sem adubação; Terra P: Terra do Paraíso; Rend: Rendmax; Solo: Solo puro. <sup>(2)</sup> Eficiência simbiótica = [(matéria seca da parte aérea planta micorrizada / matéria seca da parte aérea do controle) - 1] X 100.

**Tabela 6.** Atividade da fosfatase ácida nas folhas de cafeeiro sob influência de fungos micorrízicos em diferentes substratos

Fungos	Substrato <sup>(1)</sup>								
	GM47	Solo +	GM11	GM80	VVc	VVs	Terra P	Rend	Solo
Fosfatase ácida ( $\text{mg de p-nitrofenolfosfato g}^{-1} \text{ h}^{-1}$ )									
Controle	8,2 a B	9,0 a B	19,9 a A	9,5 a AB	13,3 a AB	12,6 a AB	7,5 a B	15,5 a AB	7,2 a B
<i>G. intraradices</i>	4,1 a C	6,6 a BC	17,2 a AB	4,4 a C	9,9 a ABC	20,8 a A	6,4 a BC	15,4 a AB	7,6 a BC
<i>G. margarita</i>	5,0 a B	7,5 a AB	15,8 a AB	6,6 a B	10,0 a AB	13,8 a AB	6,7 a BC	18,1 a A	8,5 a AB
<i>G. etunicatum</i>	4,4 a C	7,6 a ABC	18,3 a A	7,5 a ABC	9,5 a ABC	15,4 a AB	7,1 a BC	10,6 a ABC	7,2 a BC

Letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. Letra minúscula: compara fungos no mesmo substrato; letra maiúscula: compara substratos no mesmo fungo. <sup>(1)</sup> GM47: Golden Mix 47; Solo +: mistura solo (70%) + esterco de curral (30%) (v/v); GM11: Golden Mix 11; GM80: Golden Mix 80; VVc: Vida Verde com adubação; VVs: Vida Verde sem adubação; Terra P: Terra do Paraíso; Rend: Rendmax; Solo: Solo puro.

**Tabela 7.** Teores de pigmentos fotossintéticos nas folhas de cafeeiro sob influência de fungos micorrízicos arbusculares, em diferentes substratos.

Fungos	Substrato <sup>(1)</sup>								
	GM47	Solo +	GM11	GM80	VVc	VVs	Terra P	Rend	Solo
Clorofila a ( $\mu\text{g mL}^{-1}$ de extrato)									
Controle	13,3 a AB	13,4 b AB	10,3 a ABC	5,6 ab C	11,5 a AB	14,6 a A	6,5 a C	14,7 a A	9,5 a BC
<i>G. intraradices</i>	13,3 a BC	18,8 a A	9,2 a CD	4,8 b D	12,5 a BC	15,0 a AB	5,9 a D	15,7 a AB	9,1 a CD
<i>G. margarita</i>	10,6 a CDE	20,0 a A	11,0 a CDE	8,8 a DE	12,9 a BCD	16,2 a AB	6,6 a E	14,4 a BC	12,6 a BCD
<i>G. etunicatum</i>	13,1 a ABC	17,1 ab A	8,9 a CDE	6,5 ab DE	10,5 a BCD	14,5 a AB	5,3 a E	14,9 a AB	12,4 a ABC
Clorofila b ( $\mu\text{g mL}^{-1}$ de extrato)									
Controle	3,8 a A	3,2 a A	2,8 a A	2,2 a A	3,0 a A	3,1 a A	2,3 a A	3,0 a A	3,3 a A
<i>G. intraradices</i>	3,8 a AB	4,5 a A	2,6 a AB	1,9 a B	3,1 a AB	3,1 a AB	2,2 a AB	2,8 a AB	3,5 a AB
<i>G. margarita</i>	3,5 a A	4,4 a A	3,1 a A	3,0 a A	3,4 a A	3,9 a A	2,7 a A	2,8 a A	3,6 a A
<i>G. etunicatum</i>	3,9 a A	4,0 a A	2,7 a A	2,2 a A	3,8 a A	4,0 a A	2,0 a A	2,6 a A	3,2 a A
Clorofila a+b ( $\mu\text{g mL}^{-1}$ de extrato)									
Controle	17,1 a A	16,7 b A	13,0 a ABC	7,7 ab C	14,6 a AB	17,4 a A	8,7 a BC	17,7 a A	15,8 a A
<i>G. intraradices</i>	17,1 a ABC	23,3 a A	11,9 a CD	6,6 b D	18,2 a AB	18,1 a AB	8,0 a D	18,5 a AB	12,6 a BCD
<i>G. margarita</i>	14,1 a BCD	24,4 a A	14,2 a BCD	11,8 a CD	16,4 a BC	20,1 a AB	9,3 a D	17,2 a BC	16,2 a BC
<i>G. etunicatum</i>	17,0 a ABC	21,2 ab A	11,6 a CDE	8,6 ab DE	13,9 a BCD	18,4 a AB	7,3 a E	17,5 a ABC	15,6 a ABC
Carotenóides ( $\mu\text{g mL}^{-1}$ de extrato)									
Controle	3,7 a A	3,8 b A	3,1 a AB	2,1 a B	3,0 a AB	3,8 a A	2,1 a B	3,8 a A	3,7 a A
<i>G. intraradices</i>	3,7 a AB	4,9 a A	2,7 a BC	1,8 a C	3,6 a AB	3,9 a AB	1,9 a C	4,2 a A	2,6 a BC
<i>G. margarita</i>	2,9 a CD	5,4 a A	3,2 a BCD	2,6 a CD	3,6 a BC	4,4 a AB	2,1 a D	3,8 a BC	3,7 a BC
<i>G. etunicatum</i>	3,7 a ABC	4,9 a A	2,6 a CD	2,2 a D	2,8 a BCD	4,0 a AB	1,9 a D	4,0 a AB	2,8 a BCD

Letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. Letra minúscula: compara fungos no mesmo substrato; letra maiúscula: compara substratos no mesmo fungo. <sup>(1)</sup> GM47: Golden Mix 47; Solo +: mistura solo (70%) + esterco de curral (30%) (v/v); GM11: Golden Mix 11; GM80: Golden Mix 80; VVc: Vida Verde com adubação; VVs: Vida Verde sem adubação; Terra P: Terra do Paraíso; Rend: Rendmax; Solo: Solo puro.

Os teores de pigmentos fotossintéticos (clorofila a, b, a + b e carotenóides) nas folhas das mudas de cafeeiro são apresentados na tabela 7. No geral, as maiores concentrações dos pigmentos clorofila a, a+b e carotenóides foram observados no substrato Solo + esterco, no qual a micorrização também promoveu maiores teores de pigmentos nas folhas das plantas micorrizadas, proporcionando valores 49% superiores em relação às plantas não micorrizadas. KONRAD (2003) também constatou que o estabelecimento da micorriza elevou a quantidade de clorofila nas folhas de mudas de cafeeiro, e nas cultivares colonizadas por *G. margarita* notaram-se maiores quantidades do pigmento que as colonizadas por *G. etunicatum*. Altas concentrações também foram observadas nas mudas que se desenvolveram no substrato Vida Verde sem adubação, mas, neste caso, a micorrização não influenciou significativamente os valores observados. As mudas com os menores teores de pigmentos fotossintéticos foram as que se desenvolveram nos substratos Golden Mix 80 e Terra do Paraíso, independentemente de estarem micorrizadas ou não. A micorrização e o substrato não tiveram influência no teor de clorofila b nas folhas do cafeeiro. Os mesmos substratos de plantas com os maiores teores de pigmentos fotossintéticos também tiveram maior produção de matéria seca da parte aérea (Tabela 2).

Os melhores efeitos da micorrização foram constatados nas plantas colonizadas por *G. margarita* e cultivadas nos substratos convencional (solo + esterco) e Vida verde com adubação, nas quais se verificou maior acúmulo e eficiência na utilização de P (Tabela 4), revertendo em maior crescimento e produção de biomassa (Tabela 2), e resultando na maior eficiência simbiótica (Tabela 5). Além disso, no substrato solo + esterco, a micorrização também favoreceu a concentração de pigmentos fotossintéticos (Tabela 7) e diminuiu a atividade da fosfatase ácida nas folhas do cafeeiro (Tabela 6), alterando fisiologicamente a planta.

## REFERÊNCIAS

- ABBOTT, L.K.; ROBSON, A.D. Formation of external hyphae in soil by four species of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. *New Phytologist*, Cambridge, v.99, p.245-255, 1985.
- ANTUNES V.; SILVEIRA, A.P.D.; CARDOSO, E.J.B.N. Interação entre diferentes tipos de solo e fungos micorrízicos vesículo-arbusculares na produção de mudas de café (*Coffea arabica* L.). *Turrialba*, San José, v.38, n.2, p.117-122, 1988.
- ASCENCIO, J. Acid phosphatase as a diagnostic tool. *Communications in Soil Science and Plant Analyzes*, v.25, p.1553-1564, 1994.



- BATAGLIA, O.C.; FURLANI, A.M.C.; TEIXEIRA, J.P.F.; FURLANI, P.R. E GALLO, J.R. **Métodos de análise química de plantas**. Campinas: Instituto Agronômico, 1983. 48p. (Circular 78)
- BENTO, M.M.; CUNHA, M.I.B.; ROSSI, S.; SILVEIRA, A.P.D. Efeito de tipos de substrato para produção de mudas micorrizadas de maracujazeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA, 27., 1995. Santos, **Programa e Resumos...** Santos: SBM, 1995. p.58.
- BESFORD, R.T. A rapid tissue test for diagnosing phosphorus deficiency in tomato. **Plant Annual Botany**, Oxford, v.45, p.225-227, 1980.
- BHATTACHARYA, S.; BAGYARAJ, D.J. Effectiveness of arbuscular mycorrhizal fungal isolates on arabica coffee (*Coffea arabica* L.). **Biological Agriculture and Horticulture**, v.20, p.125-131, 2002.
- CARDOSO FILHO, J.A.; PACOVSKY, R.S.; CARDOSO, E.J.B.N. Growth and metabolic activity of the extramatrical mycelium of endomycorrhizal maize plants. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.23, p.807-815, 1999.
- COLOZZI-FILHO, A.; SIQUEIRA, J.O.; SAGGIN JÚNIOR, O.J.; GUIMARÃES, P.T.G.; OLIVEIRA, E. Efetividade de diferentes fungos micorrízicos arbusculares na formação de mudas, crescimento pós transplante e produção do cafeeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.29, n.9, p.1397-1406, 1994.
- FURLANI, P.R. Hidroponia. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. (Ed.) **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: Instituto Agronômico, 1996. 285p. (Boletim Técnico 100)
- GIOVANNETTI, M.; MOSSE, B. An evaluation of techniques for measuring vesicular arbuscular mycorrhizal infection in roots. **New Phytologist**, Cambridge, v.84, p.489-500, 1980.
- KONRAD, M.L.F. **Crescimento do cafeeiro sob influência do alumínio em solução nutritiva e em solo ácido, inoculado com micorrizas arbusculares**. 2003. 114f. Tese (Doutorado) UNICAMP, Campinas.
- LICHTENTHALER, H.K.; WELLBURN, A. Determination of total carotenoids and chlorophylls a and b of leaf extracts in different solvents. **Biochemical Society Transactions**, London, v.11, p.591-592, 1983.
- LIMA A.A.; BORGES, A.L.; CALDAS, R.C.; TRINDADE, A.V. Substratos e inoculação de fungos micorrízicos em mudas de maracujá amarelo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v.19, n.3, p.353-358, 1997.
- LOPES, E.S.; OLIVEIRA, E.; NEPTUNE, A.M.L.; MORAES, F.R.P. Efeito da inoculação do cafeeiro com diferentes espécies de fungos micorrízicos vesicular-arbusculares. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.7, n.2, p.137-141, 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 cafeeiro 'Mundo Novo' em condições de campo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIEIRAS. 10., Poços de Caldas, 1983. **Anais...** Rio de Janeiro, IBC/GERCA, 1983b. p.122-123.
- MAIORANO, J.A. **Utilização de substratos orgânicos comerciais na obtenção de mudas micorrizadas de limoeiro "Cravo" em ambiente protegido**. 2003. 62f. Dissertação (Mestrado) Instituto Agronômico. Campinas.
- MAIORANO, J.A.; VIEIRA, M.R.; SILVEIRA, A.P.D. Características microbiológicas de substratos orgânicos. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE SUBSTRATOS PARA PLANTAS, 3., Campinas, 2002. Campinas: Instituto Agronômico, 2002. p.98. (Documentos IAC, 70)
- MELLONI, R.; CARDOSO, E.J.B.N. Quantificação de micélio extrarradicular de fungos micorrízicos arbusculares em plantas cítricas e endófitos. I. Método empregado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.23, p.53-58, 1999.
- NOGUEIRA, M.A.; CARDOSO, E.J.B.N. Produção de micélio externo por fungos micorrízicos arbusculares e crescimento da soja em função de doses de fósforo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.24, p.329-338, 2000.
- PHILLIPS, J.M.; HAYMAN, D.S. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. **Transactions of the British Mycological Society**, Cambridge, v.55, n.1, p.158-60, 1970.
- SAGGIN JÚNIOR, O.J.; LOVATO, P.E. Aplicação de micorrizas arbusculares na produção de mudas e plantas micropropagadas. In: SIQUEIRA, J.O.; MOREIRA, F.M.S.; LOPES, A.S.; GUILHERME, L.R.G.; FAQUIN, V.; FURTINI NETO, A.E.; CARVALHO, J.G. (Ed.) **Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas**. Lavras: DCS, 1999. p.725-773.
- SAGGIN JÚNIOR, O.J.; SIQUEIRA, J.O. Avaliação da eficiência simbiótica de fungos endomicorrízicos para o cafeeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.19, n.2, p.221-228, 1995.
- SAGGIN JÚNIOR, O.J.; SIQUEIRA, J.O. Micorrizas arbusculares em cafeeiro. In: SIQUEIRA, J.O. (Ed.) **Avanços em fundamentos e aplicação de micorrizas**. Lavras: DCS/DCF, 1996. p.203-254.
- SIDDQI, M.Y.; GLASS, A.D.M. Utilization index: a modified approach to the estimation and comparison of nutrient utilization efficiency in plants. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 4, p.289-312, 1981.
- SILVEIRA, A.P.D. Micorrizas. In: CARDOSO, E.J.B.N.; SAITO, S.M.; NEVES, M.C.P. (Ed.) **Microbiologia do Solo**. Campinas: SBCS, 1992. p.257-282.
- SIQUEIRA, J.O.; COLLOZI-FILHO, A. Micorrizas vesículo-arbusculares em mudas de cafeeiro. II. Efeito do fósforo no estabelecimento e funcionamento da simbiose. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.10, n.3, p.207-211, 1986.
- SIQUEIRA, J.O.; COLLOZI-FILHO, A.; SAGGIN JUNIOR, O.J. Efeitos da infecção de plântulas de cafeeiro com quantidades crescentes de esporos do fungo endomicorrízico *Gigaspora margarita*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.29, n.6, p.875-883, 1994.

SONNEVELD, C.; ENDE, J. van den; DIJK, P.A. van. Analysis of growing media by means of a 1:1.5 volume extract. **Communications in Soil Science and Plant Analyses**, New York, v.5, n.3, p.183-202, 1974.

SOUZA, P.V.D.; BERJON, M.A.; ORENGA, V.A.; FONFRIA, M.A. Desenvolvimento do citrange 'Troyer' infectado com fungo micorrízico, em dois substratos de cultivo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.32, n.10, p.1039-1045, 1997.

TRINDADE, A.V.; FARIA, N.G.; ALMEIDA, F.P. Uso de esterco no desenvolvimento de mudas de mamoeiro colonizadas com fungos micorrízicos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.7, p.1389-1394, 2000.

TRISTÃO, F.S.M.; COLOZZI-FILHO, A.; MACHINESKI, O. Micorrização de cafeeiro sob alta concentração de P no solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 29., Ribeirão Preto, 2003. **Resumos...** Ribeirão Preto: SBCS, 2003. 4p.

WEBER, O.B.; OLIVEIRA, A.A.R.; MAGALHÃES, A.F.J. Adubação orgânica e inoculação com *Glomus etunicatum* em porta enxertos de citros. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.14, p.321-326, 1990.