

SOLOS E IRRIGAÇÃO

DESEMPENHO DE FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE MARACUJAZEIRO-AMARELO, EM DIFERENTES SUBSTRATOS⁽¹⁾

ADRIANA PARADA DIAS DA SILVEIRA⁽²⁾, LÚCIA REGINA DA SILVA⁽⁴⁾,
ISLAINE CALIXTO DE AZEVEDO⁽⁵⁾, ELIANE DE OLIVEIRA⁽⁴⁾,
LAURA MARIA MOLINA MELETTI⁽³⁾

RESUMO

O trabalho teve por objetivo selecionar fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) eficientes na promoção do crescimento de mudas de maracujazeiro-amarelo, em substrato esterilizado, com diferentes níveis de fertilidade, em função da adição ou não de matéria orgânica. Foram realizados três experimentos, em casa de vegetação. No primeiro, empregou-se como substrato uma mistura de 2:1:1 de areia, solo (Latosolo Vermelho Eutroférico) e esterco de curral; no segundo, uma mistura de 1:1 de solo e areia e no terceiro, uma mistura de 9:1 de solo e esterco de curral. Os FMAs empregados foram: *Acaulospora* sp. (IAC-13), *Gigaspora margarita*, *Glomus* sp. (IAC-27), *Acaulospora morrowae*, *Acaulospora* sp. (IAC-44), *Acaulospora scrobiculata*, *Scutellospora heterogama*, *Glomus clarum*, *Glomus* sp. (IAC-28), *Entrophospora colombiana*, *Glomus etunicatum* e *Glomus macrocarpum*. No terceiro experimento, empregaram-se *G. clarum*, *Glomus* sp. (IAC-28), *G. margarita*, *G. etunicatum* e *G. macrocarpum* (IAC-50), uma mistura dessas espécies e populações de fungos nativos, oriundas de solo de uma cultura de maracujá estabelecida no campo e multiplicadas em *Brachiaria decumbens*, maracujazeiro e amendoimzeiro. Os efeitos positivos da micorrização foram maiores no substrato sem adição de matéria orgânica (esterco de curral), não superando, entretanto, o efeito da sua adição. *G. clarum*, *G. etunicatum* e *G. margarita* promoveram aumento significativo na produção de matéria seca. No substrato com adição de 25% de matéria orgânica, os fungos *Acaulospora* sp. (IAC-44) e *A. morrowae* foram eficientes na promoção do desenvolvimento das mudas, com desempenho comparável ao *Glomus* sp. (IAC-28) no substrato com adição de 10% de esterco de curral. *G. clarum* mostrou efeito parasítico, diminuindo o crescimento das plantas no substrato com 25% de matéria orgânica.

Palavras-chave: fungo micorrízico, micorriza arbuscular, maracujazeiro, matéria orgânica, substrato, formação de muda.

⁽¹⁾ Trabalho parcialmente financiado pelo CNPq. Recebido para publicação em 19 de fevereiro e aprovado em 23 de dezembro de 2002.

⁽²⁾ Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Solos e Recursos Ambientais, Instituto Agrônomo, Caixa Postal 28, 13001-970, Campinas (SP).

⁽³⁾ Centro Avançado de Pesquisa Tecnológica do Agronegócio de Frutas, IAC.

⁽⁴⁾ Bolsista do RHAE/CNPq.

⁽⁵⁾ Bolsista do CNPq e posteriormente da FAPESP.

ABSTRACT

ARBUSCULAR MYCORRHIZAL FUNGI PERFORMANCE TO PRODUCE MYCORRHIZAL PASSIONFLOWER SEEDLINGS UNDER DIFFERENT SUBSTRATES

The purpose of this study was to select effective arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) on the production of yellow passionflower seedlings. The variables considered were: sterile substrates, fertility levels, and organic matter addition. Three greenhouse experiments were conducted using different mixtures as substrates: 2:1:1 - sand, soil and dairy manure, 1:1 - sand and soil, and 9:1 - soil and dairy manure. The AMF used at the two first experiments were: *Acaulospora* sp. (IAC-13), *Gigaspora margarita*, *Glomus* sp. (IAC-27), *Acaulospora morrowae*, *Acaulospora* sp. (IAC-44), *Acaulospora scrobiculata*, *Scutellospora heterogama*, *Glomus clarum*, *Glomus* sp. (IAC-28), *Entrophospora colombiana*, *Glomus etunicatum* and *Glomus macrocarpum*. In the third experiment, the following AMF were used: *G. clarum*, *Glomus* sp. (IAC-28), *G. margarita*, *G. etunicatum* and *G. macrocarpum* (IAC-50), a mixture of these fungal species and indigenous AMF populations obtained from a passionflower field cropping, which were multiplied in *Brachiaria decumbens*, passionflower and peanut. The highest mycorrhizal benefits were obtained in the substrate with no organic matter addition, which, however, did not surpass the positive effect of organic matter on plant growth. The most efficient fungi were *G. clarum*, *G. etunicatum* and *G. margarita*. In the substrate with organic matter addition (25 g.kg⁻¹), *Acaulospora* sp. (IAC-44) and *A. morrowae* were efficient to promote plant growth, while *G. clarum* had a parasitic effect. Plants colonized by *Glomus* sp. (IAC-28) had higher growth in the substrate with 10 g.kg⁻¹ of dairy manure added to the soil, which was comparable to the effect of those efficient fungi in the substrate with the highest organic matter addition.

Key words: arbuscular mycorrhizal fungi, arbuscular mycorrhiza, passionflower, organic matter, substrate, seedlings production.

1. INTRODUÇÃO

Os pomares brasileiros de maracujá baseiam-se em uma única espécie, *Passiflora edulis* f. *flavicarpa*, devido à qualidade dos seus frutos, vigor e produtividade (MELETTI e BRUCKNER, 2001). O Brasil é, atualmente, o maior produtor mundial deste maracujá, tendo cultivado 44.462 ha em 1996, o que representa um acréscimo de 75,5% em relação à área cultivada em 1990 (FNP, 1999b). A ampliação média dos pomares no País tem-se dado a uma taxa de 5,29% ao ano (FNP, 1999a).

O maracujazeiro-amarelo é cultivado em quase todo o território nacional, destacando-se como principais produtores os seguintes Estados: Pará, Bahia, Sergipe, São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais. Na Região Sudeste, o maracujazeiro é uma das oito espécies frutíferas mais cultivadas, sendo precedido apenas pelas culturas de laranja, banana, limão, manga, tangerina, abacaxi e uva (PIZA JÚNIOR, 1998).

Como a maior parte das fruteiras, contribui para valorizar o trabalho dos pequenos proprietários e ampliar sua receita. Entre as frutas, o maracujazeiro tem sido considerado boa opção por oferecer tanto o mais rápido retorno econômico como a oportunidade de receita distribuída pela maior parte do ano (MELETTI e MAIA, 1999). Para acompanhar a expansão da cultura e impulsionar o cultivo em maior escala, é desejável aumento da produtividade dos viveiros, com conseqüente redução nos custos

de produção. Nesse sentido, o emprego de fungos micorrízicos constitui-se em uma das alternativas para otimização da obtenção de mudas frutíferas, pois permite abreviar o tempo de formação da muda. Isso aumenta a produtividade do viveiro, a rotatividade na ocupação da infra-estrutura e a eficiência de utilização de mão-de-obra especializada.

Além disso, contribui para diminuir os gastos com fertilizantes e defensivos agrícolas, aumentando a eficiência da adubação fosfatada (MARONECK et al., 1981). A micorrização ainda pode aumentar a resistência das plantas a patógenos e a sobrevivência das mudas ao transplante para o campo, reduzindo as perdas.

O potencial de uso de fungos micorrízicos na formação de mudas de fruteiras torna-se ainda maior quando se evidencia que o tratamento do substrato ou o uso de terra de subsolo, pobre em nutrientes, é uma prática normalmente recomendada para a eliminação de patógenos e de plantas daninhas (ENDO et al., 1992).

É conhecido o fato de várias plantas frutíferas exibirem alto micotrofismo e dependência micorrízica (ANTUNES e CARDOSO, 1991; SILVA e SIQUEIRA, 1991; AZEVEDO e SILVEIRA, 1994; AZEVEDO et al., 1995.).

O mecanismo de absorção de nutrientes promovido pela micorriza assume grande relevância em plantas perenes, como a maioria das espécies frutíferas, nas quais o sistema radicular é pouco fasciculado, com superfície específica de absorção reduzida devido ao diâmetro avantajado das raízes (BAYLIS, 1975).

Entretanto, a despeito dos resultados promissores constatados por LIN (1986), ainda existem poucas informações sobre a eficiência da simbiose FMA - maracujazeiro, principalmente em substratos com diferentes níveis de fertilidade. GRAÇA et al. (1991) observaram que a inoculação conjunta de *Azospirillum brasiliense* e *Glomus etunicatum* promoveu maior crescimento das mudas de maracujazeiro, enquanto *Glomus manihotis*, como constatado por COSTA JUNIOR et al. (1995) e *Entrophospora colombiana*, por LIMA et al. (1997), causaram aumento no crescimento das plantas. RODRIGUEZ et al. (1995) observou que *Acaulospora longula* foi eficiente em aumentar a eficiência de utilização de P pela planta. Já COLLOZI FILHO e CARVALHO (1993), em experimento de campo, constataram que todas as mudas de maracujá previamente colonizadas por FMA, especialmente *Gigaspora margarita*, produziram mais que a testemunha.

Entre os vários fatores que podem interferir na simbiose, um dos mais relevantes é o substrato, principalmente no que diz respeito ao nível de P disponível (CARDOSO et al., 1986). A infecção e a eficiência do fungo micorrízico variam em função do nível de fertilidade do substrato, o que sempre deve ser considerado nos programas de seleção desses fungos.

A matéria orgânica beneficia duplamente o maracujazeiro: como fonte de N, o elemento mais exigido pela cultura, devido ao seu crescimento vegetativo contínuo, e, por conferir maior aeração ao substrato, uma vez que a planta não suporta encharcamento. A carência de N resulta em crescimento quase nulo, sem desenvolver ramos secundários e florescimento.

Assim, o objetivo foi selecionar fungos micorrízicos eficientes na promoção do crescimento de mudas de maracujazeiro-amarelo, considerando-se diferentes substratos, com alta e baixa fertilidade, em decorrência da adição de matéria orgânica.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram realizados três experimentos, em casa de vegetação, no Centro Experimental Central, do Instituto Agrônomo, em Campinas (SP).

Experimento 1: para avaliar o desempenho de diferentes espécies de fungo micorrízico na promoção do crescimento de mudas de maracujazeiro-amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*), empregou-se o substrato recomendado que emprega 250 g.kg⁻¹ de esterco de curral (ENDO et al., 1992). O delineamento experimental foi inteiramente ao acaso, com oito repetições. Empregou-se uma mistura 2:1:1 de areia, solo e esterco de curral, com a seguinte análise de fertilidade: MO-2,2 g.kg⁻¹; P-93 mg.kg⁻¹ (resina); pH-6,3, K-10,5, Ca-223,

Mg-12 e H+Al-12 mmol_c.dm⁻³. A areia foi esterilizada com vapor fluente por uma hora, em três dias consecutivos, e o esterco de curral autoclavado a 121 °C por uma hora.

O solo, Latossolo Vermelho Eutroférico, coletado no Núcleo Experimental, foi fumigado com brometo de metila por 72 horas. Como recipientes foram utilizados sacos de polietileno pretos, de dimensões 12 x 8 cm. As seguintes espécies/isolados de FMA, pertencentes à coleção do setor de Microbiologia do Solo do Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Solos e Recursos Ambientais do IAC, foram submetidas à inoculação: *Scutellospora heterogama*, *Glomus macrocarpum*, *Acaulospora scrobiculata*, *Acaulospora* sp. (IAC-13), *Acaulospora morrowae*, *Glomus clarum*, *Entrophospora colombiana*, *Glomus* sp. (IAC-27), *Glomus* sp. (IAC-28), *Gigaspora margarita*, *Glomus etunicatum* e *Acaulospora* sp. (IAC-44), mantendo-se uma testemunha não inoculada. A inoculação dos FMAs foi realizada na semeadura, a 2 cm abaixo da superfície do substrato no recipiente.

O inóculo foi previamente obtido em painço, constituindo-se de 300 esporos da espécie fúngica, pedaços de raiz colonizada e hifas. O volume de solo-inóculo variou para cada espécie de fungo, de acordo com a quantidade de esporos por mL de solo. Além da inoculação, cada saquinho recebeu 20 mL de suspensão de solo, obtida a partir de 50 ml do solo de cada isolado utilizado, preparado por peneiramento úmido (peneira 0,004 mm) e filtração a vácuo em membrana de papel-filtro, para reposição e equiparação da microbiota fornecida pelo inóculo. A testemunha não recebeu inóculo de fungo, mas somente os 20 mL da suspensão de solo. Trinta dias após a semeadura (DAS) foi feito o desbaste para uma planta por saquinho. As plantas foram irrigadas diariamente com 50 a 100 mL de água, para equilibrar a umidade do solo próximo à capacidade de campo.

Aos 90 DAS, a parte aérea das plantas foi cortada, seca em estufa a 65 °C até peso constante e pesada. Em seqüência as amostras foram moídas e fez-se a determinação do P, Zn e Cu na parte aérea (BATAGLIA et al., 1978). As raízes foram separadas do solo e lavadas. Amostras de aproximadamente um g de raízes finas por planta foram coloridas (KOSKE e GEMMA, 1989) e a colonização micorrízica estimada pela placa quadriculada (AMBLER e YOUNG, 1977).

Experimento 2: o desempenho de diferentes espécies de FMA foi avaliado em maracujazeiro-amarelo, empregando-se como substrato uma mistura de solo (Latossolo Vermelho Eutroférico) e areia, na proporção de 1:1, com a seguinte análise de fertilidade: MO-13 g.kg⁻¹; P-2 mg.kg⁻¹; pH-6,0; K-0,6; Ca-14; Mg-2 e H-Al-16 mmol_c.dm⁻³.

Para fins de comparação, manteve-se um controle com o mesmo substrato do primeiro experimento, ou seja, uma mistura 2:1:1 de areia, solo e esterco de curral que apresentou a seguinte análise de fertilidade: MO-26 g.kg⁻¹, P-208 mg.kg⁻¹, pH-6,8; K-15,5, Ca-38, Mg-14 e H+Al-11 mmol_c dm⁻³.

Os tratamentos consistiram na inoculação das mesmas espécies/ isolados de FMA utilizadas no experimento 1. Foram mantidas duas testemunhas não inoculadas, uma com o mesmo substrato dos tratamentos de inoculação e outra em substrato enriquecido pela adição de 25 g.kg⁻¹ de esterco de curral. O delineamento experimental foi inteiramente ao acaso, com 10 repetições.

Aos 110 DAS, foi feita a contagem de plantas com gavinhas e a colheita do experimento. Todos os demais procedimentos foram de acordo com o Experimento 1.

Experimento 3: para comparar espécies de FMA previamente selecionadas como eficientes na produção de muda de maracujazeiro, em substrato com baixo nível de fertilidade, com populações de FMA nativos associados à própria cultura, empregou-se como substrato, solo (Latossolo Vermelho Eutroférico) acrescido de 10 g.kg⁻¹ de esterco de curral curtido, com a seguinte análise de fertilidade: MO-36 g.kg⁻¹; P (resina) - 19 mg.kg⁻¹; pH (CaCl₂) - 5,8; k-7,0; Ca-58; Mg-18 e H + Al-28 mmol_c dm⁻³.

Os tratamentos consistiram na inoculação dos FMAs *G. clarum*, *Glomus* sp (IAC-28), *G. margarita*, *G. etunicatum* e *G. macrocarpum*, uma mistura dessas espécies e populações de FMAs nativos. Essas populações foram multiplicadas em vasos-isca, a partir de solo de um cultivo de maracujá, usando-se como planta hospedeira: *Brachiaria decumbens*, maracujazeiro e amendoineiro.

O solo-inóculo continha cerca de 300 esporos de fungo, pedaços de raiz colonizada e hifas. A inoculação foi efetuada por ocasião da semeadura e manteve-se uma testemunha sem inoculação.

A coleta das plantas deu-se aos 153 DAS. O delineamento experimental foi inteiramente ao acaso com sete repetições. Os demais procedimentos foram anteriormente descritos no experimento 1.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No experimento realizado com substrato recomendado (SR), ou seja, adição de 25 g.kg⁻¹ de esterco de curral (P disponível-93 mg.g⁻¹), a inoculação de alguns fungos promoveu maior desenvolvimento das plantas (Quadro 1).

A produção de matéria seca das plantas colonizadas por *A. morrowae* (IAC-14) e *Acaulospora* sp. (IAC-44) foi significativamente maior que a testemunha, apresentando uma eficiência relativa da simbiose de 21% e 26%, respectivamente, enquanto constatou-se um efeito parasítico decorrente da inoculação de *G. clarum*, com um decréscimo de 29% no crescimento das plantas.

A relação entre a concentração de P na planta e a resposta em crescimento de plantas micorrizadas é determinada por processos opostos, um benéfico devido ao aumento na absorção de P do solo causado pelo fungo, e outro detrimental, provocado pela utilização de produtos fotossintetizados pelo fungo. O balanço dos dois processos normalmente resulta em maior crescimento das plantas colonizadas, mas pode também resultar em redução.

A hipótese proposta por STRIBLEY et al. (1980), segundo a qual a perda de matéria seca da planta bem nutrida em P é causada pelo fungo micorrízico, foi confirmada por PENG et al. (1993) que, trabalhando com fracionamento de Carbono em plantas cítricas micorrizadas, em condições de alto fornecimento de P, constataram que a micorriza pode diminuir o crescimento da planta, devido ao maior dreno de C pelas raízes colonizadas.

Na avaliação da colonização radicular do maracujazeiro por diferentes espécies de FMA observou-se contaminação da testemunha, o que provavelmente, ocorreu tardiamente no transcorrer do experimento, não invalidando, entretanto, a condição de testemunha, já que os efeitos da inoculação dos fungos refletiram-se nas variáveis analisadas e puderam ser devidamente quantificados e comparados.

A maior porcentagem de colonização radicular foi justamente obtida com *G. clarum*, que superou significativamente os demais fungos (Quadro 1). Observou-se que o gênero *Glomus* foi o que apresentou isolados mais infectivos. O gênero *Acaulospora*, embora tenha promovido maior crescimento das plantas, mostrou os menores valores de porcentagem de colonização radicular, visto que *A. morrowae* nem mesmo diferiu da testemunha. Esse efeito foi confirmado pela constatação de um coeficiente de correlação negativo ($r = -0,62$) e significativo ($P > 0,02$) entre a colonização radicular e a produção de matéria seca da parte aérea.

Constatou-se que muitos dos fungos que promoveram aumento significativo no teor e acúmulo de P, Zn e Cu não propiciaram maior crescimento das plantas, como *Glomus* sp. (IAC-28) (Quadro 2), confirmado pelas correlações negativas e significativas entre a produção de matéria seca e os teores dos nutrientes.

Quadro 1. Peso da matéria seca da parte aérea (PMSPA), eficiência relativa da simbiose (ERS), plantas com gavinha e colonização radicular de mudas de maracujazeiro na presença de diferentes espécies de fungo micorrízico, em substrato recomendado (SR- Mistura 2:1:1 de areia, solo e esterco) e uma mistura 1:1 de solo e areia (SSA)

Tratamentos	PMSPA		ERS		Colonização		Gavinha
	SR	SSA	SR	SSA	SR	SSA	SSA
	g		%		%		%
Testemunha	2,55cd	1,29de	-	-	5,4f	22,1fg	10
Test. + MO	-	3,81a	-	(194)	-	18,9g	100
<i>Acaulospora</i> sp (IAC-44)	3,09ab	0,99e	21	-23	30,0de	41,6ef	0
<i>S. heterogama</i>	2,67bcd	1,63cde	5	26	20,2e	54,6cde	0
<i>G. etunicatum</i>	2,64bcd	2,18bc	4	69	70,2b	68,7bc	40
<i>A. morrowae</i>	3,22a	1,80cd	26	51	1,6f	66,3bcd	10
<i>G. margarita</i>	2,45d	2,25bc	-3	74	43,9cd	76,5abc	40
<i>Glomus</i> sp (IAC-28)	2,45d	1,98bcd	-3	54	53,1bc	84,6ab	40
<i>Acaulospora</i> sp (IAC-13)	2,66bcd	0,94e	5	-27	24,7e	71,7abc	0
<i>A. scrobiculata</i>	2,69a-d	1,57cde	6	22	24,3e	70,9bc	0
<i>Glomus</i> sp (IAC- 27)	3,02abc	1,83bcd	19	42	60,2bc	69,5bc	30
<i>E. colombiana</i>	2,84a-d	1,75cd	11	36	1,7f	43,5de	30
<i>G. macrocarpum</i>	2,47d	2,00bcd	-3	55	43,2cd	60,8cde	40
<i>G. clarum</i>	1,82e	2,55b	-29	98	91,5a	89,3a	70

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. Test + MO- testemunha (ausência de inoculação) e adição de 25% de matéria orgânica. ERS= (PMSPA planta micorrizada/ PMSPA testemunha - 1) x 100.

Quadro 2. Teor e quantidade acumulada de P, Zn e Cu na parte aérea de mudas de maracujazeiro, sob influência de diferentes espécies de fungo micorrizico, empregando substrato recomendado (SR- mistura 2:1:1 de areia, solo e esterco) e uma mistura 1:1 de solo e areia (SSA)

Tratamentos	P		P Total		Zn		Zn Total		Cu		Cu Total	
	SR	SSA	SR	SSA	SR	SSA	SR	SSA	SR	SSA	SR	SSA
	g.kg ⁻¹		mg		mg.kg ⁻¹		µg		mg.kg ⁻¹		µg	
Testemunha	1,5cd	0,69cd	3,72cd	0,88c	16,2e	27,2a	43,2c	35,4de	6,1d	6,9e	15,9c	8,8gh
Test + MO	-	1,44a	-	5,23a	-	29,5a-	-	103,2a	-	16,6ab	-	48,9a
<i>Acaulospora</i> sp (IAC-44)	1,3d	0,79bcd	4,02bcd	0,83c	14,6e	30,7a	44,1c	32,7e	8,0cd	6,7e	24,4abc	6,9h
<i>S. heterogama</i>	1,4cd	0,70cd	3,80cd	1,16bc	27,4a-d	31,8a	70,8ab	51,0b-e	9,1c	16,7a	23,3abc	26,1bcd
<i>G. etunicatum</i>	2,0bc	0,98b	5,08abc	2,03b	29,5abc	33,5a	81,0a	70,8bc	12,0ab	14,3ab	33,1a	29,4bc
<i>A. morrowae</i>	1,4d	0,70cd	4,40bcd	1,37bc	16,5e	31,2a	52,5bc	62,9bcd	8,0cd	7,5e	25,6abc	14,3e-h
<i>G. margarita</i>	1,7bcd	0,73bcd	4,03bcd	1,52bc	20,1de	25,3a	47,2bc	56,1b-e	7,4cd	15,0ab	17,2c	32,3b
<i>Glomus</i> sp (IAC-28)	2,6a	0,95b	6,18a	1,90b	35,1a	30,1a	81,1a	62,3bcd	13,2a	12,4bc	30,3ab	25,1bcd
<i>Acaulospora</i> sp (IAC-13)	1,4d	0,64d	3,71cd	0,60c	15,5e	33,6a	43,7c	29,6e	5,9d	6,9e	16,0c	6,5h
<i>A. scrobiculata</i>	1,3d	0,76bcd	3,38d	1,28bc	16,9e	31,1a	43,0c	49,3b-e	9,1c	8,3de	22,7bc	13,0e-h
<i>Glomus</i> sp (IAC-27)	1,8bcd	0,79bcd	5,27ab	1,56bc	21,5cde	27,3a	61,6abc	50,6b-e	8,4cd	11,9bcd	24,3abc	22,2cde
<i>E. colombiana</i>	1,5cd	0,81bcd	3,92bcd	1,34bc	19,7de	28,7a	64,8abc	44,4cde	9,9bc	6,9e	32,6ab	1,0fgh
<i>G. macrocarpum</i>	1,5cd	0,76bcd	3,40d	1,52bc	26,1bcd	28,2a	58,1abc	53,8b-e	12,8a	9,6cde	28,3ab	18,1d-g
<i>G. clarum</i>	2,2ab	0,87bc	4,22bcd	2,01b	33,4ab	35,6a	66,4abc	78,3ab	14,0a	8,7cde	27,6ab	20,2def

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. Test. + MO- testemunha (ausência de inoculação) e adição de 25% de matéria orgânica.

Quadro 3. Índice de eficiência na utilização de P, Zn e Cu de mudas de maracujazeiro, na presença de diferentes espécies de fungo micorrízico, empregando-se dois tipos de substratos

Tratamentos	Substrato Recomendado			Mistura solo-areia (1:1)		
	P	Zn	Cu	P	Zn	Cu
	$g^2 mg^{-1} (1)$					
Testemunha	1,8	0,15	0,41	1,9	0,05	0,19
Test + MO ⁽²⁾	-	-	-	2,8	0,14	0,30
<i>Acaulospora</i> sp (IAC-44)	2,4	0,22	0,39	1,2	0,03	0,14
<i>S. heterogama</i>	2,1	0,10	0,31	2,3	0,05	0,10
<i>G. etunicatum</i>	1,4	0,09	0,21	2,3	0,07	0,16
<i>A. morrowae</i>	2,4	0,20	0,41	2,4	0,05	0,23
<i>G. margarita</i>	1,5	0,13	0,35	3,3	0,09	0,16
<i>Glomus</i> sp (IAC-28)	1,0	0,07	0,20	2,1	0,06	0,16
<i>Acaulospora</i> sp (IAC-13)	1,9	0,16	0,44	1,5	0,03	0,14
<i>A. scrobiculata</i>	2,1	0,17	0,32	1,9	0,05	0,19
<i>Glomus</i> sp (IAC-27)	1,7	0,15	0,38	2,2	0,07	0,15
<i>E. colombiana</i>	2,1	0,13	0,25	2,3	0,07	0,28
<i>G. macrocarpum</i>	1,8	0,11	0,22	2,6	0,07	0,22
<i>G. clarum</i>	0,8	0,05	0,12	3,2	0,08	0,32

(¹) Calculado de acordo com SIDDIQI e GLASS (1981). IEU = (matéria seca da parte aérea)²/quantidade acumulada do nutriente Test + MO - Testemunha (ausência de inoculação) e adição de 25% de matéria orgânica.

Embora tenha promovido maior teor de nutrientes na parte aérea, talvez pelo efeito de diluição, plantas colonizadas por *G. clarum* apresentaram os menores índices de utilização de nutrientes, reafirmando seu efeito parasítico.

A absorção de Cu foi favorecida pelas associações, o que, entretanto, não se traduziu em maior aproveitamento pela planta micorrizada, visto que o índice de eficiência de utilização de Cu para a maioria foi inferior ao da testemunha (Quadro 3). O P não foi o nutriente-chave para as diferenças observadas entre o comportamento dos fungos. Os melhores índices de utilização de P e Zn foram apresentados por *Acaulospora* sp. e *A. morrowae* (Quadro 3).

Maior colonização radicular garantiu maiores teores de P, Zn e Cu na parte aérea, resultando em correlações positivas e significativas entre a colonização e os índices de eficiência na utilização dos nutrientes ($r= 0,70; 0,68$ e $0,62$, respectivamente). Contudo, isso não refletiu em ganhos na produção de matéria seca, o que significa que as micorrizas não foram eficientes na utilização destes nutrientes, fato comprovado pelas correlações negativas e significativas.

No substrato constituído pela mistura de solo e areia (1:1), com baixo nível de P disponível (2 mg.kg^{-1}), os efeitos da micorrização foram mais pronunciados e alguns FMAs foram eficientes na promoção do crescimento das plantas, não superando, entretanto, a adição de matéria orgânica (Quadro 1). Com relação à produção de matéria seca da parte aérea (Quadro 1), a testemunha com adição de matéria orgânica, devido aos elevados teores de nutrientes no substrato, foi significativamente superior a todos os demais tratamentos.

A inoculação de *G. clarum*, *G. margarita* e *G. etunicatum* superaram a testemunha sem adição de matéria orgânica, promovendo simbioses com eficiência relativa de 98, 74 e 69%, respectivamente (Quadro 1). Ao término de 110 DAS, 70% das plantas colonizadas por *G. clarum* apresentaram gavinhas, somente 10% das plantas da testemunha e 40% das plantas colonizadas por *G. macrocarpum* e *G. margarita* (Quadro 1). A produção de gavinhas correlacionou-se positiva e significativamente com a produção de matéria seca, acúmulo e eficiência de utilização de P, Zn e Cu (Quadro 2).

Na avaliação da porcentagem de colonização radicular constatou-se que ambas as testemunhas apresentavam contaminação, o que entretanto, não invalidou a condição de testemunhas (Quadro 1).

Interessante notar que *G. clarum* colonizou abundantemente as raízes do maracujazeiro, como no substrato com adição de matéria orgânica (SR). Esse

fato confirma que a colonização radicular nem sempre está relacionada ao desempenho da simbiose e que a eficiência do fungo independe de sua infectividade. Vale salientar que a colonização micorrizica não se correlacionou significativamente com nenhuma das variáveis analisadas, justamente nessa condição de baixa disponibilidade de P, onde o efeito benéfico da micorriza foi mais evidente.

As plantas da testemunha cultivadas neste substrato SSA com adição de matéria orgânica (Test + MO) apresentaram os maiores teor e acúmulo de P na parte aérea, superando todos os demais tratamentos (Quadro 2).

O teor de P nas plantas colonizadas por *G. etunicatum* e *Glomus* sp. (IAC-28) foram estatisticamente superiores ao da testemunha, e juntamente com *G. clarum* promoveram significativamente maior acúmulo de P. As plantas colonizadas por *G. clarum* e *G. margarita* foram as mais eficientes na utilização do P absorvido, superando até mesmo aquelas obtidas em substrato com maior nível de fertilidade (Quadro 3).

Os tratamentos não diferiram quanto ao teor de Zn na parte aérea, mas as plantas micorrizadas por *G. clarum* e *G. etunicatum* tiveram significativo acúmulo deste nutriente, comparáveis ao da testemunha com adição de matéria orgânica (Quadro 2). Algumas associações superaram significativamente a testemunha ou mesmo não diferiram da testemunha com adição de matéria orgânica, quanto ao teor e acúmulo de Cu.

Observou-se que plantas colonizadas por *G. clarum* foram mais eficientes na utilização de Zn e Cu; para o Cu superaram as obtidas com adição de matéria orgânica ao substrato, ou seja, aquelas melhor nutridas (Quadro 3). Os teores, acúmulos e índices de eficiência na utilização dos nutrientes correlacionaram-se positiva e significativamente entre si e com a produção de matéria seca.

O terceiro experimento, no qual se adicionaram 10 g.kg^{-1} de matéria orgânica ao substrato, mostrou efeito significativo de *Glomus* sp. (IAC- 28), *G. clarum*, *G. etunicatum* e da mistura de diferentes espécies introduzidas de FMA no crescimento do maracujazeiro, acúmulo e eficiência de utilização de P (Quadro 4).

Plantas colonizadas por *Glomus* sp. (IAC 28) apresentaram produção de matéria seca equivalente à das plantas colonizadas por *Acaulospora* sp. (IAC 44) e *A. morrowae* no substrato recomendado (com adição de 25 g.kg^{-1}) (Quadro 1).

Nota-se também, que *G. margarita*, considerada eficiente no substrato solo-areia (SSA), já não obteve o mesmo efeito neste substrato.

Quadro 4. Altura, peso da matéria seca da parte aérea (PMSPA), teor e quantidade acumulada de P na parte aérea e índice de eficiência na utilização de fósforo (IEUP) e colonização radicular (CR) de mudas de maracujazeiro, na presença de diferentes espécies introduzidas de fungos micorrízicos, de uma mistura delas e de populações nativas (populações multiplicadas em: A- *Brachiaria decumbens*, B- maracujazeiro-amarelo e C- amendoimzeiro)

Tratamento	Altura	PMSPA	P	P Total	IEUP	CR
	cm	g	g.kg ⁻¹	mg	g ² .mg ⁻¹	%
<i>Glomus</i> sp (IAC-28)	44,5a	3,15a	1,1a	3,58a	2,95ab	50,8a
<i>G. clarum</i>	38,6a	2,47a	1,2a	2,83ab	2,27b	55,7a
<i>G. etunicatum</i>	38,6a	2,11ab	0,8ab	1,83bc	2,52ab	44,5ab
<i>G. macrocarpum</i>	9,8bc	0,49cd	0,5bc	0,39de	0,82c	33,0bc
<i>G. margarita</i>	8,9bc	0,29cd	0,8ab	0,26de	0,35c	53,7a
MISTURA	17,1b	2,28ab	0,6b	1,38cd	3,83a	48,7a
POP -A	14,5b	1,26bc	0,6b	0,80cde	2,32b	48,6a
POP -B	6,3c	0,08d	0,3c	0,02e	0,26c	30,6c
POP -C	9,9bc	0,56cd	0,8ab	0,47de	0,67c	29,2c
TESTEMUNHA	5,6c	0,10d	0,5bc	0,06e	0,21c	13,9d

Letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. IEUP- Calculado de acordo com SIDDIQI e GLASS (1981).

A colonização radicular correlacionou-se significativamente ($P > 0,05$) com a produção de matéria seca ($r = 0,63$) e com o índice de eficiência de utilização de P ($r = 0,62$). A aplicação de matéria orgânica ao substrato, em geral esterco de curral, para formação da muda de maracujazeiro é uma prática amplamente recomendada.

A presença de matéria orgânica melhora as características físicas, químicas, físico-químicas e biológicas do solo, colaborando para elevação do pH e aumento na disponibilidade dos macronutrientes, B e Mo (FREITAS, 2001). PEIXOTO e PÁDUA (1989) observaram resposta linear da planta até a dose de 30% de esterco de curral adicionada. Entretanto, BENTO (1997), empregando uma mistura de FMAs eficientes, constatou que as mudas micorrizadas de maracujazeiro obtiveram maior crescimento até a dose de 10%, não diferindo das não-micorrizadas nas doses mais elevadas.

Neste trabalho, a utilização de um FMA eficiente, como o *Glomus* sp. (IAC- 28) no substrato com 10% de matéria orgânica (Quadro 4), foi comparável aos fungos *Acaulospora* sp. (IAC- 44) e *Acaulospora morrowae* no substrato com 25% de esterco (Quadro 1) quanto à produção de matéria seca. Essas constatações são indicativas do potencial de utilização desses fungos no manejo de produção de mudas, como agentes de redução e melhor aproveitamento dos insumos empregados.

As diferenças no grau de colonização radicular, considerando-se os dois primeiros experimentos, principalmente com os FMAs *A. morrowae*, *E. colombiana*, *S. heterogama*, *A. scrobiculata*, *Acaulospora* sp. (IAC-13) e *Acaulospora* sp. (IAC-14), podem ser reflexo da disponibilidade de nutrientes dos substratos utilizados. Os nutrientes, especialmente P e N, influenciam o grau de colonização das raízes e altos níveis de fósforo disponíveis podem reduzir a colonização (ANTUNES e CARDOSO, 1991). Neste trabalho, esse efeito inibidor não foi observado para *G. clarum* e *G. etunicatum*, que apresentaram praticamente a mesma porcentagem de colonização radicular nos dois substratos (Quadro 1). Nesse caso, a colonização micorrízica deve ter sido controlada por fatores genéticos que podem ser originários da planta e/ou do isolado de fungo empregado (GRAHAM et al, 1982).

Os fatores ecofisiológicos decorrentes das diferenças entre os tipos de substratos também atuaram sobre as associações estabelecidas, principalmente pelos isolados do gênero *Glomus*, que sempre apresentaram ERS maior no substrato com baixa fertilidade (SSA).

Esse efeito foi evidente com *G. clarum* que apresentou acentuado efeito parasítico, quando a disponibilidade de nutrientes foi alta, em contraste com alta eficiência no substrato de menor fertilidade, indicando maior adaptação dos isolados do gênero *Glomus* empregados às condições de escassez de nutrientes no solo.

Já o gênero *Acaulospora* mostrou-se menos suscetível às variações na disponibilidade de nutrientes dos substratos, tendo *A. morrowae* e *A. scrobiculata* apresentado ERSs maiores na mistura de solo e areia 1:1 do que no substrato recomendado, enquanto os isolados *Acaulospora* sp. (IAC-13) e *Acaulospora* sp. (IAC-44) comportaram-se ao contrário (Quadro 1).

Diferenças na eficiência de FMAs devido ao nível de fertilidade do substrato, quanto ao crescimento e absorção de P e Zn, também foram observadas por SILVA e SIQUEIRA (1991) em outras fruteiras tropicais.

No maracujazeiro, a demanda por nutrientes é pequena até os 120 dias do plantio. A partir de então, a extração de N, K e Ca é intensa e os demais nutrientes são extraídos continuamente até o fim da frutificação (QUAGGIO e PIZA JUNIOR, 1998).

A micorrização pode, portanto, ser um importante fator de incremento na absorção de nutrientes para o maracujazeiro adulto, uma planta de intensa e contínua absorção de elementos do solo.

Pelos resultados, ficou evidente o grande potencial de utilização de FMA para obtenção de mudas de maracujazeiro. É necessário, entretanto, definir a melhor estratégia para essa cultura: a seleção de isolados eficientes em condições de baixa disponibilidade de nutrientes no substrato, possibilitando economia de insumos, ou a seleção daqueles que possam otimizar o aproveitamento de nutrientes de substratos, nos quais ocorrem com alta disponibilidade.

4. CONCLUSÕES

1. Em substrato com adição de matéria orgânica (25%), regularmente utilizado nos viveiros, *Acaulospora* sp (IAC-44) e *Acaulospora morrowae* se mostraram eficientes em promover o crescimento das mudas, o que foi comparável ao efeito do *Glomus* sp. (IAC- 28) no substrato com a adição de 10% de esterco de curral.

2. Em substrato sem adição de matéria orgânica, *Glomus clarum*, *Glomus etunicatum* e *Gigaspora margarita* foram os mais eficientes, mas o efeito benéfico sobre as mudas não superou o efeito da adição de matéria- orgânica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMBLER, J.R.; YOUNG, J.L. Techniques for determining root length vesicular-arbuscular mycorrhizae. *Soil Science Society American Journal*, Madison, v.41, p.551-556, 1977.

ANTUNES, V.; CARDOSO, E.J.B.N. Growth and nutrient status of citrus plants as influenced by mycorrhiza and phosphorus application. *Plant and Soil*, The Hague, v. 131, p.11-19, 1991.

AZEVEDO, I.C.; SILVEIRA, A.P.D. Efeito da adubação fosfatada e de fungos micorrízicos arbusculares na produção de muda de mamoeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 13., Salvador, 1994. *Resumos...* Salvador: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 1994. p.685- 686.

AZEVEDO, I.C.; SILVEIRA, A.P.D.; OLIVEIRA, E. Efeito da adubação fosfatada e de fungos micorrízicos arbusculares na produção de muda de mangueira. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FISILOGIA VEGETAL, 5., Lavras, 1995. *Resumos...* Lavras: ESAL, 1995. p.225.

BATAGLIA, O.C.; TEIXEIRA, J.P.F.; FURLANI, A.M.C.; GALLO, J.R. *Métodos de análise química de plantas*. Campinas: Instituto Agrônomo, 1978. 31p. (Circular, 87).

BAYLIS, G.T.S. The magnolioid mycorrhiza and mycotrophy in root systems derived from it. In: SANDERS, F.E.; MOSSE, B.; TINKER, P.B. (Eds). *Endomycorrhizas*. London: Academic Press, 1975. p.373-390.

BENTO, M.M. *Fontes de matéria orgânica na composição do substrato para produção de mudas micorrizadas de maracujazeiro*. 1997. 59p. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agrícola) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - USP, Piracicaba.

CARDOSO, E.J.B.N.; ANTUNES, V.; SILVEIRA, A.P.D.; OLIVEIRA, M.M.A. Eficiência de fungos micorrízicos vesículo-arbusculares em porta-enxertos de citros. *Revista brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.10, p.25-30,1986.

COLLOZI FILHO, A.; CARVALHO, S.L.C. Efeito de micorrizas arbusculares na produção do maracujazeiro a campo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 24., 1993, Goiânia. *Resumos...* Goiânia: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1993. p.287-288.

COSTA JUNIOR, P.F.; CRUZ, A.F.; MARTINS, M.A. Resposta do maracujá doce (*Passiflora alata*) à inoculação micorrizica arbuscular e doses de fósforo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25., 1995, Viçosa. *Resumos...* Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1995. p. 424-425.

ENDO, A.M.; NALOTO, A.; MODELLI, A.N.; BELLUZZI, B.M.; SAVASAKI, T.; CANALLI, E.; SOUFEN, E.; MATSUDA, F.; FOLLONI FILHO, J.B.; SATO, J.R.; NADAI, J.M.; MAZARIN, J.R.; FUJIMIRA, K.; MELETTI, L.M.M.; SOUZA, L.A.P.; RIZZI, L.C.; RABELLO, L.R.; KANNO, O.Y.; MAKIMOTO, P.; KAVATI, R.; BASSAN, W.A.; DIAS, N.T.; MOROZINI FILHO, W.; PIZA JUNIOR, C.T. *Formação de mudas de maracujá*. Campinas: CATI, 1992. 3p. (Comunicado técnico, 93).

FNP Consultoria e Comércio. *Agrianual 1999*: Anuário Estatístico da Agricultura Brasileira. São Paulo: Argos Comunicação, 1999a. p.368-376.

FNP Consultoria e Comércio. *Agrianual 2000*: Anuário Estatístico da Agricultura Brasileira. São Paulo: Argos Comunicação, 1999 b. p.398-406.

- FREITAS, G.B. Clima e Solo. In: BRUCKNER, C.H.; PICANÇO, M.C. (Eds.). *Maracujá: tecnologia de produção, pós-colheita, agroindústria e mercado*. Porto Alegre: Cinco Continentes, 2001. p.69-83.
- GRAÇA, J.; MACHADO, J.O.; RUGGIERO, C.; ANDRIOLI, J.L. Eficiência de fungos endomicorrízicos e da bactéria *Azospirillum brasilense* sobre o desenvolvimento de mudas de maracujá (*Passiflora edulis f. flavicarpa*). *Revista Brasileira de Fruticultura*, Cruz das Almas, v.3, n.4, p.125-130, 1991.
- GRAHAM, J.H.; LINDERMAN, R.G.; MENGE, J.A. Development of external hyphae by different isolates of mycorrhizal *Glomus* spp. in relation to root colonization and growth of Troyer citrange. *New Phytologist*, Oxford, v.91, p.183-189, 1982.
- KOSKE, R.E.; GEMMA, V.N. A modified procedure for staining roots to detect VA mycorrhizas. *Micological Research*, v.92, p.488-505, 1989.
- LIN, M.T. Uso de micorrizas em fruticultura. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Cruz das Almas, v.8, n.3, p.47-55, 1986.
- 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.
- MARONECK, D.M.; MARCHESINI, G.; KOLLER, O.; BRIDI, A.M. Mycorrhizal fungi and their importance in horticultural crop production. In: MENDER, W.J.; MARDUSKY, F.J.; PIERCE, L.C. (Eds.). *Horticultural Reviews*. Connecticut: AVI, 1981. p.172-213.
- MELETTI, L.M.M.; BRUCKNER, C.H. Melhoramento genético. In: BRUCKNER, C.H.; PICANÇO, M.C. (Eds.). *Maracujá: tecnologia de produção, pós-colheita, agroindústria e mercado*. Porto Alegre: Cinco Continentes, 2001. p.345-386.
- MELETTI, L.M.M.; MAIA, M.L. *Maracujá: Produção e Comercialização*. Campinas: Instituto Agrônomo, 1999. 62p. (Boletim Técnico, 181).
- PEIXOTO, J.R.; PADUA, T. Efeito da matéria orgânica, do superfosfato simples e do cloreto de potássio na formação de mudas do maracujazeiro-amarelo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.24, n.4, p.419-422, 1989.
- PENG, S.; EISSENSTAT, D.M.; GRAHAM, J.H.; WILLIAMS, K.; HODGE, N.C. Growth depression in mycorrhizal citrus at high-phosphorus supply. *Plant Physiology*, Sophia, v.101, p.1063-1071, 1993.
- PIZA JUNIOR, C.T. Situação da cultura do maracujazeiro na Região Sudeste do Brasil. In: RUGGIERO, C. (Coord.). SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE A CULTURA DO MARACUJÁ, 5., 1998, Jaboaticabal. *Anais...* Jaboaticabal: FUNEP, 1998. p.20-48.
- QUAGGIO, J.A.; PIZA JUNIOR, C.T. Nutrição mineral e adubação da cultura do Maracujá. In: RUGGIERO, C. (Ed.). *Maracujá: do plantio à colheita*. Jaboaticabal: FUNEP, 1998. p.130-156.
- RODRIGUEZ, G.A.M.; HURTADO, M.; SANCHEZ, P.M. Inoculation de granadilla *Passiflora ligularis* L. com (MF). *Acta Agronomica*, Colombia, v.45, n.1, p.89-98, 1995.
- SIDDIQI, M.V.; 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.289-302, 1981.
- SILVA, L.F.C.; SIQUEIRA, J.O. Crescimento e teores de nutrientes de mudas de abacateiro, mangueira e mamoeiro sob influência de diferentes espécies de fungos micorrízicos vesículo-arbusculares. *Revista brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.15, p.283-288, 1991.
- STRIBLEY, D.P.; TINKER, P.B.; RAYNER, J.H. Internal phosphorus concentrations on carbon loss in plants infected by vesicular-arbuscular mycorrhiza. *New Phytologist*, Oxford, v. 86, p.261-267, 1980.