

INFLUÊNCIA DE FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES NO DESENVOLVIMENTO DE PLANTAS DE ALECRIM E MANJERICÃO

O.M.R. Russomanno^{1*}, P.C. Kruppa¹, M.T.A. Minhoni²

¹Instituto Biológico, Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Sanidade Vegetal, Av. Cons. Rodrigues Alves, 1252, CEP 04014-002, São Paulo, SP, Brasil. E-mail: russomano@biologico.sp.gov.br

RESUMO

O objetivo do presente trabalho foi avaliar a influência dos fungos micorrízicos arbusculares *Glomus etunicatum* Becker & Gerd. e *Glomus clarum* Nicol. & Schenck, no desenvolvimento de plantas de alecrim (*Rosmarinus officinalis* L.) e manjeriço (*Ocimum basilicum* L.) inoculadas, separadamente, em condições controladas. Utilizou-se substrato autoclavado composto por uma parte de areia e uma de terra; o inóculo constou de esporos [500 esporos de *G. etunicatum* (50 mL⁻¹) de solo e 700 esporos de *G. clarum* (50 mL⁻¹) de solo] e ainda fragmentos de raízes infectadas e micélio. Em cada tipo de planta inoculada foram avaliados: altura das plantas (AP), peso da matéria seca da parte aérea (MSPA), peso da matéria fresca das raízes (MFR), esporulação (E) e colonização radicular (CR). O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com três tratamentos (GE – *G. etunicatum*; GC – *G. clarum*; T – Testemunha), 16 repetições para o alecrim e 12 para o manjeriço. Cada parcela foi representada por um vaso, contendo uma planta para o alecrim e três para o manjeriço. No alecrim, *G. clarum* mostrou-se mais eficiente do que *G. etunicatum* em AP (24,15%), MSPA (67,16%) e E (48,16%); por outro lado, *G. clarum* apresentou CR menor do que *G. etunicatum*. Em relação às plantas testemunha, *G. clarum* diferiu destas em todas as variáveis analisadas, porém *G. etunicatum* não diferiu das plantas testemunha em AP e MSPA. No manjeriço, em relação a todas as variáveis analisadas, *G. clarum* diferiu da testemunha e de *G. etunicatum* e, este, foi semelhante ao tratamento controle em todas as variáveis, exceto para CR e E. Comparado ao controle, *G. clarum* proporcionou ao manjeriço aumentos de 45,49% em AP e 93,10% em MSPA.

PALAVRAS-CHAVE: Fungos micorrízicos arbusculares, *Rosmarinus officinalis*, *Ocimum basilicum*, FMA.

ABSTRACT

INFLUENCE OF ARBUSCULAR MYCORRHIZAL FUNGI ON ROSEMARY (*ROSMARINUS OFFICINALIS* L.) AND BASIL (*OCIMUM BASILICUM* L.) PLANTS. The aim of this research was to evaluate the influence of AMF *Glomus etunicatum* Becker & Gerd. and *Glomus clarum* Nicol. & Schenck on rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) and basil (*Ocimum basilicum* L.) plants previously inoculated in the greenhouse. The soil was sterilized and composed of one part sand and one part earth. The inoculum was composed of the fungi spores [500 spores of *G. etunicatum* in (50 mL⁻¹) soil and 700 spores of *G. clarum* in (50 mL⁻¹) soil] and micelium and roots fragments infected by the AMF. For each plant inoculated an evaluation was made of: plant height (PH), plant dry weight (PDW), root fresh weight (RFW), sporulation (S) and the mycorrhizal colonization (MC). The experiment was carried out in a completely randomized factorial design with three treatments (GE – *G. etunicatum*; GC – *G. clarum*; T – control), with 16 replicates for rosemary and 12 replicates for basil. In the rosemary, *G. clarum* was more efficient than *G. etunicatum* in the variables PH (24.15%), PDW (67.16%) and S (48.16%); although *G. clarum* presented a smaller MC than *G. etunicatum*. In relation to the control, *G. clarum* was better for the plants in regard to all the variables, although *G. etunicatum* did not differ for the control plants in PH and PDW. For basil in all the analysed variables *G. clarum* differed from control and from *G. etunicatum*, which was similar to the control treatment in all the variables, except in the MC and S. In relation to the control, *G. clarum* was better for the basil in regard to PH (45.49%) and PDW (93.10%).

KEY WORDS: Arbuscular mycorrhizal fungi, *Rosmarinus officinalis*, *Ocimum basilicum*, AMF.

²Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônomicas, Departamento de Produção Vegetal, Setor de Defesa Fitossanitária, Botucatu, SP, Brasil.

*Parte da tese de doutorado defendida por Olga M. R. Russomanno, no Departamento de Produção Vegetal, Setor de Defesa Fitossanitária, Faculdade de Ciências Agrônomicas, UNESP, em maio de 2006.

INTRODUÇÃO

O alecrim (*Rosmarinus officinalis* L.) e o manjeriço (*Ocimum basilicum* L.) são plantas medicinais e condimentares da família Lamiaceae, empregadas comumente na medicina caseira e na gastronomia para o preparo de diversos alimentos. Os fungos micorrízicos arbusculares (FMA), pertencentes à ordem Glomales (Glomeromycota), estabelecem uma simbiose mutualista com a maioria das plantas terrestres. A colonização ocorre no sistema radicular destas e resulta em aumento na absorção de nutrientes do solo, principalmente do fósforo, dentre outros fatores. São também conhecidos como fungos endomicorrízicos, pois ao serem inoculados no hospedeiro, penetram o córtex das raízes e diferenciam-se em estruturas intracelulares especiais denominadas arbúsculos (ALLEN, 1991). Os efeitos benéficos da inoculação dos FMA sobre o crescimento e nutrição de plantas de interesse econômico são bastante acentuados e de grande interesse ecológico e comercial (ZAMBOLIM ; SIQUEIRA, 1985; SIQUEIRA, 1986). Os FMA crescem em associação com a planta e ramificam-se no solo, além das raízes, atuando como complemento do sistema radicular do hospedeiro e isto aumenta a capacidade de absorção em locais não atingíveis pelas radículas. Portanto, as plantas colonizadas pelos FMA são capazes de utilizar nutrientes que ocorrem em quantidades "limitantes" no solo, reduzindo, desta forma, as deficiências. Além disso, diversas pesquisas têm demonstrado que esses fungos estão associados a aumentos no desenvolvimento das plantas, aumentos na absorção de água e resistência das plantas a períodos de estiagem e, principalmente, aumentos na resistência das plantas a patógenos do sistema radicular, principalmente fungos (ABBOTT; ROBSON, 1984; POWELL; BAGYARAJ, 1984; PAULA; SIQUEIRA, 1987; SILVEIRA, 1992; SMITH; READ, 1997).

Os efeitos benéficos dos FMA têm sido demonstrados em variadas condições e espécies vegetais, estimulando o crescimento vegetal como uma consequência de seu efeito na nutrição mineral da planta (ANTONIOLLI; KAMINSKI, 1991; SMITH; READ, 1997; BRESSAN *et al.*, 2001). Entretanto, pouco se conhece sobre os efeitos dos FMA sobre o crescimento e produção das plantas medicinais, condimentares e aromáticas. Com o intuito de pesquisar a produtividade da espécie hospedeira, CAMPRUBI *et al.* (1991) estudaram o efeito da inoculação de quatro plantas medicinais (*Salvia officinalis* L., *Artemisia dracunculus* L., *Thymus vulgaris* L. e *Ocimum basilicum* L.) com o FMA *Glomus mosseae* (Nicol. & Gerd.) Gerd & Trappe e obtiveram, em todas as espécies, maiores pesos secos das raízes e das plantas, comparado com as plantas controle não inoculadas. Nesse mesmo contexto, estudando a in-

fluência do FMA *Glomus deserticola* Trappe, Bloss & Menge sobre o crescimento de *Rosmarinus officinalis* L., sobre condições de estresse hídrico (14 dias), SANCHEZ-BLANCO *et al.* (2004) demonstraram haver aumento na biomassa aérea e radicular das plantas micorrizadas, quando comparadas às testemunhas. Alguns destes trabalhos estão associados à produção e qualidade de óleos essenciais por estes tipos de plantas, quando inoculadas com FMA (KAPOOR *et al.*, 2002a,b; GUPTA *et al.*, 2002; FREITAS *et al.*, 2004).

O cultivo de plantas medicinais, condimentares e aromáticas é de importância fundamental para a humanidade, pois, além de serem utilizadas pela medicina como fitoterápicos, em substituição aos medicamentos sintéticos, apresentam teores elevados de óleos essenciais utilizados nas indústrias de cosméticos e perfumarias. Além disso, muitas destas plantas servem de condimentos para o preparo de diferentes tipos de alimentos, nos mais diversos países, inclusive no Brasil. Diante disso, o presente trabalho teve como objetivo estudar a influência dos FMA *Glomus etunicatum* e *Glomus clarum* sobre o desenvolvimento de plantas de alecrim e de manjeriço.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado em condições de laboratório com temperatura e luz controladas, no Laboratório de Micologia Fitopatológica, Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Sanidade Vegetal, Instituto Biológico de São Paulo. Tanto para a produção do inóculo como para a realização dos experimentos, a temperatura do laboratório foi mantida entre $26 \pm 2^\circ \text{C}$, mediante o auxílio de um aparelho de ar condicionado. A intensidade luminosa durante estas duas fases foi obtida pela luminosidade proveniente da luz do dia, equivalendo a, aproximadamente, 13 horas de luz e 11 horas de ausência de luminosidade.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com três tratamentos (GE- *Glomus etunicatum* Becker & Gerd.; GC- *Glomus clarum* Nicol. & Schenck; T- testemunha, sem inoculação), 16 repetições para o alecrim (*Rosmarinus officinalis* L.) e 12 repetições para o manjeriço (*Ocimum basilicum* L.). Cada repetição foi representada por um vaso, contendo uma planta para o alecrim e 3 plantas para o manjeriço. Os dados foram submetidos à análise de variância para experimentos inteiramente casualizados, empregando-se os testes F e Tukey no nível de 5% de probabilidade. Para efeito de análise, os dados relativos à colonização micorrízica foram transformados para arco seno $\sqrt{x/100}$ e a contagem de esporos para $\sqrt{x+0.5}$ (SNEDECOR; COCHRAN, 1972). As demais variáveis foram analisadas com os dados originais.

O solo utilizado foi composto de amostra (0-20cm) coletada de um Latossolo Vermelho Escuro textura média (CARVALHO *et al.*, 1983), na Fazenda Experimental Lageado, Botucatu (SP). A seguir, a amostra foi seca ao ar e peneirada em malha de 2,00 mm e a análise química (macro e micronutrientes) foi feita conforme metodologia de RAJ *et al.* (2001), no Laboratório de Fertilidade do Solo do Departamento de Ciências do Solo, Faculdade de Ciências Agrônômicas, UNESP, Botucatu, SP, apresentando as seguintes características: pH em CaCl_2 , 4,0; matéria orgânica (MO), 10,00 g/dm³; P resina, 2,00 mg/dm³; K, 0,20 mmol_c/dm³; Ca, 1,00 mmol_c/dm³; Mg, 0,02 mmol_c/dm³; Cu, 1,20 mg/dm³; Fe, 76,00 mg/dm³; Mn, 0,30 mg/dm³; Zn, 0,20 mg/dm³; SB, 1,00 mmol_c/dm³; CTC, 69,00 mmol_c/dm³ e V, 2,00%.

O substrato utilizado nos experimentos foi uma mistura de solo e areia de rio lavada, na proporção de 1:1 (v/v), esterilizado pelo processo de tinalização, em autoclave sob vapor fluente, temperatura de 90 a 100°C, durante duas horas, por três dias consecutivos. A seguir o substrato foi seco em estufa a 50°C, com ventilação, revolvendo-o de hora em hora para auxiliar na secagem.

Os fungos micorrízicos arbusculares (FMA) utilizados (*G. etunicatum* e *G. clarum*), provenientes da ESALQ - USP, foram multiplicados sobre plantas de sorgo (*Sorghum bicolor* L.) cultivar Rubi. Cada inóculo de FMA constou de esporos [500 esporos de *G. etunicatum* (50mL)⁻¹ de solo e 700 esporos de *G. clarum* (50mL)⁻¹ de solo] e ainda fragmentos de raízes infectadas e micélio, constituindo uma mistura de solo contendo esporos, hifas e fragmentos de raízes colonizadas.

Para o alecrim foram utilizadas mudas obtidas por estaquia, previamente enraizadas em areia de rio lavada, sem adubação, durante 60 dias em casa de vegetação. Em vasos plásticos com capacidade para 550 mL, foram adicionados 350 mL de substrato e sobre este, 50 mL de inóculo do respectivo endófito, plantando-se a seguir a muda de alecrim e completando-se o volume do vaso com o restante do substrato até 500 mL de sua capacidade. Foram inoculados 16 vasos com *G. etunicatum* e 16 com *G. clarum*. O mesmo procedimento foi utilizado para as plantas testemunha, com igual número de repetições, porém, estas não receberam inóculo de FMA. Para o manjeriço empregaram-se sementes comerciais não tratadas que passaram por processo prévio de desinfestação em solução 0,5% de hipoclorito de sódio por 15 minutos. Em vasos plásticos com capacidade para 550 mL, foram adicionados 400 mL de substrato, depositando-se sobre este, a seguir, dez sementes de manjeriço em cada vaso, cobrindo-as com fina camada do substrato, ou seja, 50 mL. Foram inoculados 12 vasos com *G. etunicatum* e 12 com *G. clarum*. O mesmo procedimento foi utilizado para as plantas testemunha, com igual número de repetições. Cada um dos vasos testemunha recebeu 450

mL de substrato e sobre este, foram semeadas dez sementes de manjeriço, cobrindo-as com mais 50 mL do substrato. Trinta dias após a germinação das sementes, procedeu-se o desbaste, mantendo-se três plantas por vaso, tanto para as plantas inoculadas com FMA quanto para as plantas testemunha. Tanto para o alecrim quanto para o manjeriço, cada vaso recebeu 50 mL de solução diluída (1:1000) de alguns macronutrientes após a inoculação dos FMA, de 15 em 15 dias, até o final do experimento. Em cada vaso foi adicionado um total de 24,8 µg.g⁻¹ de fósforo. As soluções estoques 1 M dos macronutrientes utilizados foram: sulfato de magnésio - MgSO_4 (120 g.L⁻¹); nitrato de potássio - KNO_3 (101 g.L⁻¹); fosfato de potássio - KH_2PO_4 (136 g.L⁻¹); nitrato de cálcio - $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ (164 g.L⁻¹). De cada uma dessas soluções estoques foi retirado 1 mL, completando-se o volume para 1.000 mL com água destilada. Solução diluída (1:1000) de micronutrientes, de Hoagland & Arnon, descrita por SARRUGE (1975), sem o manganês, também foi adicionada a cada 15 dias, intercalada com a solução de macronutrientes, até o final do experimento, na quantidade de 50 mL por vaso. Os vasos testemunhas foram adubados da mesma forma que os inoculados com os FMA. A umidade dos vasos foi mantida em torno de 60% da capacidade de campo.

As variáveis relativas ao crescimento e micorrização das plantas foram determinadas aos 120 dias após o plantio ou semeadura. As variáveis analisadas foram: altura das plantas (AP); matéria seca da parte aérea (MSPA); matéria fresca das raízes (MFR); taxa de esporulação (E) e porcentagem de colonização micorrízica (CR). Para a contagem dos esporos, as plantas de cada vaso foram cortadas rente ao solo, eliminando-se a parte aérea e reservando-se a porção contendo solo e raízes; essas raízes foram cortadas em pedaços de 1 cm de comprimento e devolvidas ao substrato. Uma porção desse substrato (cerca de 50mL) foi reservada para a contagem dos esporos de *G. etunicatum* e *G. clarum*, através da técnica de peneiramento do solo em via úmida e decantação, segundo GERDEMANN; NICOLSON (1963), e centrifugação em sacarose, segundo JENKINS (1964). A quantificação da colonização micorrízica foi realizada empregando-se os métodos de coloração de raízes e porcentagem de colonização micorrízica descritos, respectivamente, por PHILLIPS; HAYMAN (1970) e GIOVANNETTI; MOSSE (1980). A altura das plantas foi determinada a partir de meio centímetro da superfície do solo. Para o alecrim, o resultado foi oriundo de apenas uma planta por vaso (16 repetições), enquanto que, para o manjeriço, o resultado foi uma média das três plantas por vaso (12 repetições). Para a determinação da matéria seca da parte aérea, as plantas foram cortadas a 0,5 cm da superfície do solo, lavadas (água corrente, destilada e deionizada), acondicionadas em sacos de

papel e deixadas para secar em estufa a 60°C até obter-se peso constante. Em seguida, determinou-se o peso da matéria seca em balança de precisão. Para a determinação da matéria fresca das raízes em balança de precisão, estas foram previamente lavadas em água corrente e ligeiramente secas em papel absorvente comum.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os efeitos da micorrização nas plantas de alecrim são apresentados na Tabela 1. A altura (AP), matéria seca da parte aérea (MSPA) e esporulação (E) foram maiores nas plantas inoculadas com *G. clarum* em relação às inoculadas com *G. etunicatum*, ou seja, 24,15%, 67,16% e 48,16%, respectivamente para AP, MSPA e E. Entretanto, para a colonização radicular (CR) ocorreu o inverso, ou seja, foi maior em 30,89% nas plantas inoculadas com *G. etunicatum*. Para a variável MFR, não houve diferença em relação à espécie de FMA inoculado, que foi de 1,14 g/vaso para *G. clarum* e 0,94g/vaso para *G. etunicatum*. Quando comparado a *G. etunicatum* (85,21%), pode-se observar que *G. clarum* (65,10%) apresentou menor colonização radicular, porém maior esporulação, ou seja, 254,1 esporos de *G. clarum* (50 mL)⁻¹ de solo e 171,50 esporos de *G. etunicatum* (50 mL)⁻¹ de solo. Em relação às plantas testemunha, *G. clarum* diferiu destas em todas as variáveis, apresentando valores de 25,93%, 42,55% e 51,35%, respectivamente para AP, MFR e MSPA. Por outro lado, *G. etunicatum* não diferiu das plantas testemunha nas variáveis AP e MSPA.

Apesar de *G. etunicatum* apresentar maior colonização radicular (CR) que *G. clarum*, ou seja, 85,21% contra 65,10%, isto não foi refletido na variável altura (AP) que foi 24,15% maior para *G. clarum* quando comparado a *G. etunicatum*. O aumento da colonização micorrízica parece nem sempre se correlacionar com o aumento do crescimento da planta, como demonstrado em trabalhos que revelam a ocorrência de uma grande variabilidade na capacidade do FMA em colonizar as raízes do hospedeiro (infectividade) e promover o crescimento vegetal (JAIZME-VEJA; AZCÓN, 1995). Normalmente, a eficiência micorrízica está relacionada à quantidade de micélio externo formado no solo. Certos FMA podem possuir grande capacidade de colonizar o hospedeiro, porém a proporção de hifas externas (estruturas que permitem a maior absorção de nutrientes) varia muito entre as espécies de FMA (MARSCHNER, 1995).

No experimento em questão, *G. clarum* apresentou colonização micorrízica menor (65,10%) e uma esporulação maior, ou seja, 254,1 esporos (50 mL)⁻¹ de solo, quando comparado a *G. etunicatum* com 85,21% de colonização micorrízica e esporulação de 171,50 esporos (50 mL)⁻¹ de solo, mostrando inversão entre as

duas variáveis. Situação semelhante foi demonstrada por BORDIN (2002), na micorrização de tomateiros, obtendo maior colonização micorrízica com *G. clarum* (63,28%) em comparação com *Gigaspora margarita* (57,48%). Entretanto, esse autor obteve maior esporulação com *G. margarita* (247,21 esporos.100 g⁻¹ de solo seco) do que com *G. clarum* (15,65 esporos.100 g⁻¹ de solo seco). Portanto, tanto os dados obtidos no experimento em questão, quanto os demonstrados por BORDIN (2002), corroboram com o que foi apresentado por DOUDS JUNIOR; SCHENCK (1990), ou seja, em razão das condições tanto dos simbiontes como ambientais, a colonização e a densidade de esporos não são dependentes um do outro, embora se entenda que possam estar relacionados. Isto também foi demonstrado em experimentos onde se utilizaram diferentes concentrações de nutrientes na micorrização de *Paspalum notatum* por três FMA (*Gigasporamargarita*, *Acaulospora longula* e *Glomus intraradices*). Os resultados revelaram que a colonização e a densidade de esporos não são dependentes um do outro, de acordo com o simbionte e a concentração de nutrientes utilizados. Da mesma forma, SCHUBERT *et al.* (1988) não observaram correlação entre densidade de esporos de FMA na rizosfera e a colonização de raízes em videiras. De acordo com o fungo considerado, a resposta da planta pode sofrer alterações, porém seu potencial de resposta à colonização parece estar ligado à herança genética, ou seja, relacionado às características morfológicas, fisiológicas ou fenológicas do hospedeiro, que controlam a demanda e o suprimento de fósforo e, desta forma, o grau de dependência da planta (KOIDE, 1991). Aspectos da relação fungo-planta devem ser considerados para o estabelecimento da simbiose micorrízica, uma vez que efeitos da variação genotípica sobre a colonização têm sido relatados em grande número de espécies de plantas (GIANINAZZI-PEARSON, 1996).

Os dois FMA utilizados neste experimento foram também avaliados por SILVA *et al.* (1998) na micorrização do urucuzeiro (*Bixa orellana* L.), junto com dois outros FMA, quais sejam, *Gigaspora margarita* e *Scutellospora heterogama*. Em relação ao número de esporos/50 cm³ de solo foram constatadas diferenças significativas, sendo os maiores valores encontrados nos tratamentos com inoculação de *G. clarum* e *G. margarita*. Quanto à colonização micorrízica, os resultados também diferiram significativamente, porém os maiores resultados foram obtidos para *G. clarum* e *S. heterogama*. Neste caso, *G. clarum* foi o endófito mais eficiente, restando o terceiro lugar para *G. etunicatum*, tanto na variável esporulação quanto na colonização micorrízica. Esses autores verificaram ainda que todos os FMA não diferiram significativamente entre si e em relação à testemunha sem inoculação, nas variáveis altura, diâmetro à altura do colo e peso seco da parte aérea.

Tabela 1 – Altura da planta (AP), produção média de matéria fresca radicular (MFR), produção média de matéria seca da parte aérea (MSPA), colonização radicular (CR) e esporulação (E) na presença e na ausência de *Glomus clarum* e *Glomus etunicatum* em plantas de alecrim (média de 16 repetições).

	AP (cm)	MFR (g/vaso)	MSPA (g/vaso)	CR (%)	E(n° de esporos/50 mL solo)
<i>Glomus clarum</i>	19,28 a	1,14 a	1,12 a	65,1 b	254,1 a
<i>Glomus etunicatum</i>	15,53 b	0,94 a	0,67 b	85,21 a	171,50 b
Testemunha	15,31 b	0,47 b	0,74 b	0,00 c	0,00 c
C.V. (%)	23,67	47,19	29,00	26,21	16,20

Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem significativamente entre si (Tukey, 5%).

Para efeito de análise, os dados de colonização e esporulação foram transformados em arco seno $\sqrt{x/100}$ e $\sqrt{x+0,5}$, respectivamente.

Tabela 2 – Altura da planta (AP), produção média de matéria fresca radicular (MFR), produção média de matéria seca da parte aérea (MSPA), colonização radicular (CR) e esporulação (E) na presença e na ausência de *Glomus clarum* e *Glomus etunicatum* em plantas de manjeriço (média de 12 repetições).

	AP (cm)	MFR (g/vaso)	MSPA (g/vaso)	CR (%)	E (n° de esporos/50 mL solo)
<i>Glomus clarum</i>	7,26 a	2,54 a	0,56 a	79,72 a	345,50 a
<i>Glomus etunicatum</i>	5,79 b	1,32 b	0,29 b	61,11 b	176,33 b
Testemunha	4,99 b	0,71 b	0,29 b	0,00 c	0,00 c
C.V. (%)	23,24	43,14	45,60	17,49	9,41

Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem significativamente entre si (Tukey, 5%).

Para efeito de análise, os dados de colonização e esporulação foram transformados em arco seno $\sqrt{x/100}$ e $\sqrt{x+0,5}$, respectivamente.

Na Tabela 2 estão expressos os dados relativos à micorrização das plantas de manjeriço. Em relação a todas as variáveis analisadas, *G. clarum* diferiu do controle e de *G. etunicatum* apresentando 45,49% em AP, 257,75% em MFR e 93,10% em MSPA, quando comparado ao controle. Por outro lado, *G. etunicatum* foi semelhante ao tratamento controle em todas as variáveis, exceto para colonização micorrízica (61,11%) e esporulação de 176,33 esporos (50 mL)⁻¹ de solo. Portanto, *G. clarum* foi mais eficiente do que *G. etunicatum* na micorrização do manjeriço.

A eficiência da simbiose micorrízica está relacionada com os fatores edafoclimáticos e aspectos da relação fungo-planta, ou seja, dependendo da espécie de fungo utilizada e das condições do meio ambiente, a eficiência da simbiose planta/FMA também varia (POWELL; BAGYARAJ, 1984; SMITH; GIANINAZZI-PERSON, 1988; ALLEN, 1991; COSTA *et al.*, 2001; CAVALCANTE *et al.*, 2002a; CAVALCANTE *et al.*, 2002b). *G. clarum* e *G. etunicatum* apresentaram comportamento semelhante àquele mostrado por FREITAS *et al.* (2004); esses pesquisadores utilizaram *Glomus clarum*, *Gigaspora margarita*, *Glomus etunicatum* e *Acaulospora scrobiculata* na micorrização de *Mentha arvensis* L., empregando

quatro dosagens diferentes de fósforo. Na ausência de adubação fosfatada, obtiveram maior produção de matéria fresca da parte aérea nos tratamentos com *G. clarum* e *G. margarita* (207 e 198%, respectivamente), em relação ao tratamento controle. Por outro lado, *G. etunicatum* e *A. scrobiculata* foram menos eficientes em promover o crescimento das plantas em relação às outras duas espécies. Entretanto, esses autores relacionam o comportamento diferenciado de cada FMA de acordo com a quantidade de P aplicada no solo. SILVEIRA *et al.* (2002), estudando o efeito de seis FMA (entre elas *G. clarum* e *G. etunicatum*) sobre o desenvolvimento vegetativo de plantas de abacateiro (*Persea* sp.), nas fases de porta-enxerto, de muda enxertada e de muda no pomar, verificaram que a influência desses FMA é variável de acordo com a espécie do endófito envolvido. Esses autores relatam ainda que os FMA *G. etunicatum*, *G. clarum*, *S. heterogama* e *A. scrobiculata* propiciaram melhor desenvolvimento vegetativo desde o período de formação das mudas até o transplante ao campo e também após essa fase.

Como demonstrado nos experimentos realizados com o alecrim e manjeriço, os FMA podem apresentar comportamentos diferentes em relação às variá-

veis avaliadas, de acordo com o hospedeiro utilizado. Na avaliação geral, *G. clarum* foi mais eficiente do que *G. etunicatum*; entretanto, no caso do alecrim, *G. etunicatum* apresentou maior CR do que *G. clarum*, enquanto que para MFR não houve diferença entre as duas micorrizas utilizadas.

CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos, conclui-se que tanto *G. etunicatum* quanto *G. clarum* são eficientes na colonização de raízes de plantas de alecrim e manjeriço e do substrato de crescimento das plantas utilizado, embora *G. clarum* mostra-se mais eficiente do que *G. etunicatum* para o manjeriço. Comparado às plantas testemunha, *G. clarum* proporcionou ao manjeriço aumentos de 45,49% na altura das plantas (AP) e 93,10% na produção de matéria seca da parte aérea (MSPA).

REFERÊNCIAS

- ABBOTT, L.K.; ROBSON, A.D. The effect of VA mycorrhizae on plant growth. In: POWELL, L.; BAGYARAJ, D.J. (Ed.). *VA mycorrhiza*. Boca Raton: CRC Press, 1984. p.113-130.
- ALLEN, M.F. *The ecology of mycorrhizae*. San Diego: Cambridge University Press, 1991. 184p.
- ANTONIOLLI, Z.I.; KAMINSKI, J. Micorizas: revisão bibliográfica. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.21, n.3, p.441-455, 1991.
- BORDIN, S.S. *Interação fungos micorrízicos arbusculares e Meloidogyne incognita, em plantas de tomateiro e pimentão*. 2002. 70f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2002.
- BRESSAN, W.; SIQUEIRA, J.O.; VASCONCELLOS, C.A.; PURCINO, A.C.P. Fungos micorrízicos e fósforo, no crescimento, nos teores de nutrientes e na produção do sorgo e soja consorciados. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.36, p.315-323, 2001.
- CAMPRUBI, A.; ESTAUN, V.; CALVET, C.; PERA, J. Infectivity and effectivity of *Glomus mosseae* mycorrhizae in 4 different species of medicinal-plants. *Symbiosis*, v.9, n.1/3, p.305-307, 1991.
- CARVALHO, W.A.; ESPÍNDOLA, C.R.; PACCOLA, A.A. Levantamento de solos da Fazenda Lageado – Estação Experimental Presidente Médici. Botucatu: Faculdade de Ciências Agrônômicas, UNESP, 1983. v.1, 95p. (Boletim Científico, 1).
- CAVALCANTE, U.M.T.; MAIA, L.C.; COSTA, C.M.C.; CAVALCANTE, A.T.; SANTOS, V.F. Efeito de fungos micorrízicos arbusculares, da adubação fosfatada e da esterilização do solo no crescimento de mudas de maracujazeiro amarelo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.26, p.1099-1106, 2002a.
- CAVALCANTE, U.M.T.; MAIA, L.C.; COSTA, C.M.C.; SANTOS, V.F. Influência da densidade de fungos micorrízicos arbusculares na produção de mudas de maracujazeiro-amarelo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.37, p.643-649, 2002b.
- COSTA, C.M.C.; MAIA, L.C.; CAVALCANTE, U.M.T.; NOGUEIRA, J.M.C. Influência de fungos micorrízicos arbusculares sobre o crescimento de dois genótipos de aceroleira (*Malpighia emarginata* D.C.). *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.36, p.893-901, 2001.
- DOUDS JUNIOR, D.D.; SCHENCK, N.C. Relationship of colonization and sporulation by VA mycorrhizal fungi to plant nutrient and carbohydrate contents. *New Phytologist*, v.116, p.621-627, 1990.
- FREITAS, M.S.M.; MARTINS, M.A.; VIEIRA, I.J.C. Produção e qualidade de óleos essenciais de *Mentha arvensis* em resposta à inoculação de fungos micorrízicos arbusculares. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.39, n.9, p.887-894, 2004.
- GERDEMANN, J.W.; NICOLSON, T.H. Spores of mycorrhizal Endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting. *Transactions of the British Mycological Society*, v.46, n.2, p.235-244, 1963.
- GIANINAZZI-PEARSON, V. Plant cell response to arbuscular mycorrhizal fungi: getting to the roots of the symbiosis. *Plant Cell*, v.8, p.1871-1883, 1996.
- GIOVANNETTI, M.; MOSSE, B. An evaluation of techniques for measuring vesicular-arbuscular mycorrhiza infections in roots. *New Phytologist*, v.84, p.489-500, 1980.
- GUPTA, M.L.; PRASAD, A.; RAM, M.; KUMAR, S. Effect of the vesicular-arbuscular mycorrhizal (VAM) fungus *Glomus fasciculatum* on the essential oil yield related characters and nutrient acquisition in the crops of different cultivars of menthol mint (*Mentha arvensis*) under field conditions. *Bioresource Technology*, v.81, p.77-79, 2002.
- JAIZME-VEJA, M.C.; AZCON, R. Responses of some tropical and subtropical cultures to endomycorrhizal fungi. *Mycorrhiza*, v.5, p.213-217, 1995.
- JENKINS, W.R. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. *Plant Disease Reports*, v.48, p.692, 1964.

- KAPOOR, R.; GIRI, B.; MUKERJI, K.G. Mycorrhization of coriander (*Coriandrum sativum* L.) to enhance the concentration and quality of essential oil. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v.82, n.4, p.339-342, 2002a.
- KAPOOR, R.; GIRI, B.; MUKERJI, K.G. *Glomus macrocarpum*: a potencial bioinoculant to improve essential oil quality and concentration in Dill (*Anethum graveolens* L.) and Carum (*Trachyspermum ammi* (Linn.) Sprague). *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, v.18, p.459-463, 2002b.
- KOIDE, R.T. Nutrient supply, nutrient demand and plant response to mycorrhizal infection. *New Phytologist*, v.113, n.3, p.365-386, 1991.
- MARSCHNER, H. *Mineral nutrition of higher plants*. Cambridge: Academic Press, 1995. 889p.
- PAULA, M.A.; SIQUEIRA, J.O. Efeitos da umidade do solo sobre a simbiose endomicorrízica em soja. II. Crescimento, nutrição e relação água-planta. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.11, p.289-293, 1987.
- PHILLIPS, J.M.; HAYMAN, D.S. Improved procedures for clearing and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Transactions of the British Mycological Society*, v.55, p.158-161, 1970.
- POWELL, C.L.; BAGYARAJ, D.J. *VA mycorrhiza*. Boca Raton: CRC Press, 1984. 234p.
- RAIJ, B. VAN; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. *Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais*. Campinas: Instituto Agrônomo, 2001. 285p.
- SANCHEZ-BLANCO, M.J.; FERRANDEZ, T.; MORALES, M.A.; MORTE, A.; ALARCON, J.J. Variations in water status, gas exchange, and growth in *Rosmarinus officinalis* plants infected with *Glomus deserticola* under drought conditions. *Journal of Plant Physiology*, v.161, n.6, p.675-682, 2004.
- SARRUGE, J.R. Soluções nutritivas. *Summa Phytopathologica*, v.1, n.3, p.231-233, 1975.
- SCHUBERT, A.; CAMMMARATA, S.; EYNARD, I. Growth and root colonization of grapevines inoculated with different mycorrhizal endophytes. *Hort Science*, v.23, n.2, p.302-302, 1988.
- SILVA, E.M.R. da; SUDO, A.; ALMEIDA, D.L. de; MATOS, R.M.B.; PEREIRA, M.G.; BOVI, M.L.A.; MACHADO, C.T.T. *Ocorrência e efetividade de fungos micorrízicos em plantas cultivadas*. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 1998. 25p. (Embrapa-CNPAB. Documentos, 83).
- SILVEIRA, A.P.D. Micorrizas. In: CARDOSO, E.J.B.N.; TSAI, S.M.; NEVES, M.C.P. (Coord.). *Microbiologia do solo*. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1992. p.257-282.
- SILVEIRA, S.V.; SOUZA, P.V.D.; KOLLER, O.C. Influência de fungos micorrízicos arbusculares sobre o desenvolvimento vegetativo de porta-enxertos de abacateiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.37, p.303-309, 2002.
- SIQUEIRA, J.O. Micorrizas: forma e função. In: REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 1., 1986, Lavras, MG. *Resumos*. Lavras: Escola Superior de Agricultura de Lavras, 1986.
- SMITH, S.E.; GIANINAZZI-PEARSON, J. Physiological interactions between symbiosis in vesicular-arbuscular mycorrhizal plants. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, v.39, p.221-224, 1988.
- SMITH, S.E.; READ, D.J. *Mycorrhizal symbiosis*. 2nd ed. London: Academic Press, 1997. 605p.
- SNEDECOR, G.W.E.; COCHRAN, W.C. *Statistical Methods*. 6th.ed., 5ª reimp. Iowa State Univ. Press, 1972. 325p.
- ZAMBOLIM, L.; SIQUEIRA, J.O. *Importância e potencial das associações micorrízicas para a agricultura*. Belo Horizonte: EPAMIG, 1985. 36p.

Recebido em 26/1/07

Aceito em 13/3/08