

HEITOR LC; FREITAS MSM; BRITO VN; CARVALHO AJC; MARTINS MA. 2016. Crescimento e produção de capítulos florais de calêndula em resposta à inoculação micorrízica e fósforo. *Horticultura Brasileira* 34: 026-030. DOI - <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-05362016000100004>

Crescimento e produção de capítulos florais de calêndula em resposta à inoculação micorrízica e fósforo

Leticia C Heitor; Marta SM Freitas; Vanessa N Brito; Almy JC Carvalho; Marco A Martins

UENF, Campos dos Goytacazes-RJ, Brasil; leticiac_heitor@yahoo.com.br (autor para correspondência); msimone@uenf.br; vaneuenf@yahoo.com.br; almy@uenf.br; marco@uenf.br

RESUMO

O objetivo foi avaliar o efeito da inoculação com fungos micorrízicos arbusculares e fósforo no crescimento e produção de capítulos florais da calêndula (*Calendula officinalis*). O experimento foi conduzido em casa de vegetação, em vasos. Foram feitas inoculações com os fungos micorrízicos arbusculares *Glomus clarum*, *Gigaspora margarita* e controle (sem fungo) e adubadas ou não com fósforo (50 mg/dm³). O arranjo foi em fatorial 3 x 2, no delineamento experimental blocos casualizados, com quatro repetições. Em solos sem adição de adubação fosfatada, plantas de *Calendula officinalis*, inoculadas com o fungo micorrízico arbuscular *Gigaspora margarita*, apresentaram maior altura (27,9 cm), maior massa seca da parte aérea (4,22 g/planta) e da raiz, maior número (16,5) e maior massa seca de capítulos florais (0,51 g/capítulo) em comparação com plantas não micorrizadas (19,8 cm, 3,49 g/planta, 7,0 e 0,22 g/capítulo, respectivamente).

Palavras-chave: *Calendula officinalis*, *Gigaspora margarita*, *Glomus clarum*, fósforo, planta medicinal, fungos micorrízicos arbusculares.

ABSTRACT

Growth and yield of marigold flowers in response to mycorrhizal inoculation and phosphorus

An experiment was carried out at greenhouse conditions in order to evaluate the effects of inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi and phosphorus on growth and production of capitula of marigold (*Calendula officinalis*) plants. Inoculation with the arbuscular mycorrhizal fungi *Glomus clarum*, *Gigaspora margarita* and control (without fungus), as well as phosphate fertilization (50 mg/dm³) or no fertilization were made. The experiment design was a randomized complete block, in a 3x2 factorial scheme, with four replications. In soils without addition of phosphate fertilizers, the inoculation of marigold plants with the arbuscular mycorrhizal fungi *Gigaspora margarita* resulted in higher plants (27.9 cm), with higher dry weight of the aboveground part (4.22 g/plant) and roots, more units of flowering capitula (16.5) and higher dry mass of flowering capitula (0.51 g/capitula) compared to non-mycorrhizal plants (19.8 cm, 3.49 g/plant, 7.0 and 0.22 g/capitula, respectively).

Keywords: *Calendula officinalis*, *Gigaspora margarita*, *Glomus clarum*, phosphorus, medicinal plants, arbuscular mycorrhizal fungi.

(Recebido para publicação em 4 de novembro de 2014; aceito em 17 de setembro de 2015)
(Received on November 4, 2014; accepted on September 17, 2015)

A calêndula [*Calendula officinalis* (Asteraceae)] é uma planta herbácea anual, conhecida popularmente como calêndula, malmequer, maravilha e malmequer-dos-jardins. Essa espécie apresenta grande importância econômica tanto na indústria medicinal, alimentícia e cosmética, como no setor ornamental. Seu extrato pode ser utilizado em alimentos, como corante natural e na confecção de cremes, xampus e sabonetes. Como constituinte de compostos fitoterápicos é utilizada no tratamento de diversas enfermidades apresentando ação antimicrobiana, antiinflamatória, bactericida, antitumoral, diurética, analgésica, cicatrizante e antisséptica (Parente *et al.*, 2002, 2009).

A inoculação com fungos micor-

rízicos arbusculares (FMAs), para a produção de plantas medicinais é uma alternativa que vem sendo estudada por diversos pesquisadores (Freitas *et al.*, 2006; Nisha & Rajeshkumar, 2010; Tejavathi *et al.*, 2011; Zaller *et al.*, 2011). Um dos principais benefícios das micorrizas às plantas hospedeiras está associado ao melhor desenvolvimento, em função da maior absorção de nutrientes, especialmente do fósforo, cuja concentração na solução do solo, geralmente, é baixa. Os microrganismos são capazes de formar micélio às raízes, facilitando a exploração de um maior volume de solo onde, anteriormente, o sistema radicular não conseguiria atuar (Smith & Read, 2008).

Segundo Kiriacheck *et al.* (2009),

os mecanismos que regulam a formação das micorrizas arbusculares são pouco conhecidos, mas sabe-se que a concentração de fósforo na planta é um fator limitante para o desenvolvimento da simbiose, pois essa concentração pode afetar o balanço de açúcares e de fitormônios, além da expressão de genes de defesa do vegetal.

A determinação de uma dose ideal de fósforo para maximizar a produção ou a resposta das plantas inoculadas com FMAs é de extrema importância, pois as variações das exigências nutricionais de cada espécie podem afetar o processo de colonização e esporulação micorrízica. Geralmente, os maiores benefícios da inoculação com FMAs tendem a ser superiores nas menores doses de fósforo

no solo (Moreira *et al.* 2005; Freitas *et al.* 2006; Smith & Read, 2008).

Moreira *et al.* (2005), trabalhando com vasos de 3,5 L, observaram que a massa fresca de capítulos florais de calêndula foi influenciada apenas pelas doses de fósforo, sendo máxima (4,70 g/vaso) com a utilização de 271,7 mg/vaso de P_2O_5 . Anjos *et al.* (2005) observaram que o crescimento máximo de mudas de maracujazeiro doce (*Passiflora alata*), quando inoculadas com FMAs, ocorreu sob menores doses de fósforo do solo (15,24 e 16,81 mg/dm³). Freitas *et al.* (2006), avaliando a inoculação de FMAs e doses de fósforo em plantas de menta (*Mentha arvensis*), observaram que na ausência da adubação fosfatada (6 mg/dm³) obtiveram-se as maiores porcentagens de colonização micorrízica, correspondendo aos valores de 69 e 81%, para os tratamentos com *Glomus clarum* e *Gigaspora margarita*, respectivamente, os quais proporcionaram maiores produções de massa fresca e seca da parte aérea. Segundo Smith & Read (2008), em solos com baixa disponibilidade de fósforo a maior colonização micorrízica geralmente é seguida por estímulos no crescimento da planta.

Dessa forma, o cultivo de plantas medicinais associadas à inoculação micorrízica pode ser uma alternativa para minimizar a utilização de fertilizantes fosfatados. Com base nisso, o objetivo do presente trabalho foi avaliar o efeito da inoculação com fungos micorrízicos arbusculares e fósforo sobre o crescimento e a produção de capítulos florais em plantas de calêndula.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no *campus* da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, em Campos dos Goytacazes-RJ (21°19'23"S, 41°10'40"O; altitude 14 m) no período de 05/2012 a 08/2012. O ambiente de cultivo foi uma casa de vegetação protegida com sombrite preto (50%) e plástico transparente de 150 *micras* na parte superior. No período de condução do experimento, no interior do ambiente, as temperaturas máximas diárias variaram de 27,0 a 40,0°C, com média de 34,4°C, e as temperaturas

diárias mínimas, de 13,7 a 21,5°C, com média de 18,0°C.

Foram feitas inoculações com os fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) *Glomus clarum*, *Gigaspora margarita* e controle (sem fungo) e adubação ou não com fósforo (50 mg/dm³). O arranjo foi em fatorial 3x2, no delineamento experimental blocos casualizados, com quatro repetições. A unidade experimental foi composta por dois vasos de plástico com capacidade para 6 L de solo cada, contendo duas plantas por vaso.

O solo destinado ao preparo dos inóculos dos FMAs e para o experimento foi classificado como Latossolo Amarelo, coletado na profundidade de 0-20 cm, peneirado, misturado com areia na proporção de 1:1 (v:v) e esterilizado em autoclave por duas vezes, a uma temperatura de 121°C por 1 hora. Após a autoclavagem, o substrato apresentou as seguintes características químicas: pH (H_2O)= 5,9; S-SO₄= 2 mg/dm³; P= 13 mg/dm³; K= 2,0 mmol/dm³; Ca= 10,7 mmol/dm³; Mg= 6,0 mmol/dm³; Al= 0,0 mmol/dm³; H+Al= 12,3 mmol/dm³; Na= 0,9 mmol/dm³; MO= 12,07 g/dm³; CTC= 31,90 mmol/dm³; SB= 19,60 mmol/dm³; V= 61%; Fe= 147,69 mg/dm³; Cu= 0,48 mg/dm³; Zn= 4,17 mg/dm³; Mn= 25,27 mg/dm³; B= 0,23 mg/dm³.

Como fonte de fósforo foi utilizado NaH_2PO_4 , que foi misturado ao solo. Os teores de K foram elevados para 120 mg/dm³, utilizando-se como fonte K_2SO_4 . O substrato foi mantido incubado por 34 dias, devidamente umedecido. Após esse período foram realizadas extrações de P (Mehlich⁻¹), obtendo-se 12,5 e 36,5 mg/dm³ de P respectivamente, para os substratos sem e com 50 mg/dm³. Após 34 e 65 dias do semeio, aplicaram-se 20 mg/dm³ de N em todos os vasos, utilizando-se como fonte NH_4NO_3 .

Para preparo do inóculo, foram semeadas em vasos dez sementes de milho que tiveram a superfície desinfestada com solução de 0,5% de hipoclorito de sódio durante 15 minutos e depois lavadas com água esterilizada. Um mês após a semeadura, a parte aérea foi cortada e trinta dias após o corte, a mistura de solo contendo esporos e hifas de FMAs e raízes finas foram utilizadas

como inóculo.

Foram utilizadas sementes comerciais de calêndula, cv. Bonina Dobrada Sortida (Isla Pack®), tratadas para a quebra de dormência utilizando-se a metodologia descrita pela Regra para Análise de Sementes (MAPA, 2009). Antes da semeadura, nos vasos de plástico, no mesmo dia, foram adicionados 120 cm³/vaso do inóculo, a uma profundidade aproximada de 3 cm abaixo da superfície do substrato, nos tratamentos correspondentes.

A colheita dos capítulos florais foi feita manualmente, cortando-se o pedúnculo o mais curto possível, a partir dos 58 dias após a semeadura, semanalmente, quando as primeiras flores liguladas estavam completamente desenvolvidas. As colheitas foram realizadas de manhã (Pinto & Bertolucci, 2002), quando se avaliaram os números, o diâmetro e a massa seca dos capítulos florais. Aos 85 dias após a semeadura, foi realizada a colheita das plantas inteiras, as quais foram divididas em partes aéreas (hastes + folhas), capítulos florais e raízes. Foram quantificadas a altura, desde o coleto até o ápice floral, com a utilização de régua milimetrada, e as massas secas após secagem das partes aéreas e raízes por 72 horas a 65°C e dos capítulos florais a 40°C em estufa de ventilação forçada de ar, até massa constante (Bortolo *et al.*, 2009). Uma amostra de aproximadamente 1,5 g de raízes finas, antes da secagem, foi utilizada para avaliar a porcentagem de colonização micorrízica, determinada após a coloração, de acordo com metodologia descrita por Grace & Stribley (1991), adaptado com KOH (5%) a 80°C por 10 minutos, H_2O_2 alcalina 5% por 20 minutos e azul de tripiano a 80°C por 10 minutos. Os segmentos de raízes foram levados ao microscópio ótico para a observação da presença de estruturas de FMAs.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e comparados pelo teste de F e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve efeito significativo ($p>0,05$)

da interação doses de fósforo e espécies de FMAs para altura de plantas, massa seca da parte aérea, número e massa seca de capítulos florais e porcentagem de colonização. A massa seca da raiz foi influenciada pela adição de P, independente das espécies de FMAs e pelos FMAs, independente da adição de P.

Na ausência da adubação fosfatada, as espécies de FMAs *G. margarita* e *G. clarum* proporcionaram incrementos na altura de plantas em 41 e 25%, respectivamente, em relação às plantas cultivadas em substrato sem FMAs e sem adubação (Tabela 1). Com adição de P ao substrato, as plantas inoculadas com os FMAs apresentaram menor altura, com reduções de até 8%, quando comparadas àquelas cultivadas em substrato adubado com P e sem FMAs (Tabela 1). Anjos *et al.* (2005) afirmam que na ausência de FMAs há necessidade de suplementação com adubação fosfatada para que as plantas tenham maior crescimento. Esses resultados indicam a capacidade dos FMAs em promover o crescimento da calêndula, em condições de baixa disponibilidade de P no solo.

Nisha & Rajeshkumar (2010) observaram incrementos na altura de plantas de *Wedelia chinensis* cultivada em substrato com teores de P de 2,7 mg/kg e inoculadas com FMAs. Os autores verificaram que a maior altura foi 30,5% superior às plantas não inoculadas e foi obtida no tratamento com *Glomus fasciculatum*. Rapparini *et al.* (2008) observaram incrementos na altura de plantas de *Artemisia annua*, cultivadas na ausência de adubação fosfatada e inoculadas com várias espécies de *Glomus*.

Na ausência de adubação fosfatada, as espécies de FMAs *G. margarita* e *G. clarum* promoveram incrementos na massa seca da parte aérea de 20,9 e 18,3%, respectivamente, em relação às plantas cultivadas sem inoculação com FMA (Tabela 1). Segundo Kiriacheck *et al.* (2009), os mecanismos que regulam a formação das micorrizas arbusculares são pouco conhecidos, mas sabe-se que a concentração de fósforo na planta é um fator limitante para o desenvolvimento da simbiose, pois essa concentração pode influenciar o balanço de açúcares e de fitormônios, além da expressão de genes de defesa do vegetal. Desta forma

os benefícios da inoculação com FMAs tendem a ser maiores em substratos com baixos teores de fósforo.

Russomanno *et al.* (2008) observaram que a espécie de FMA *G. clarum* promoveu incrementos de 24,5% na altura de planta e 67,2% na massa seca da parte aérea do alecrim (*Rosmarinus officinalis*) e 45,49% na altura de plantas e 93,10% na massa seca da parte aérea do manjeriço (*Ocimum basilicum*) em relação a plantas não inoculadas com fungos micorrízicos. Karthikeyan *et al.* (2009), estudando a inoculação de FMAs em alfavaca (*Ocimum sanctum*), em vinca (*Catharanthus roseus*), em erva cidreira (*Coleus forskholii*) e em capim limão (*Cymbopogon flexuosus*), em solo não esterilizado e sem adição de fósforo, observaram incrementos de 48,2%; 61%; 98% e 54,6%, respectivamente, na produção de massa seca

da parte aérea das espécies, quando se comparou plantas inoculadas em relação às não inoculadas com FMAs.

A contribuição dos FMAs à planta hospedeira está associada especialmente, à absorção de fósforo (Freitas *et al.*, 2004; Ponce *et al.*, 2004; Smith & Read, 2008; Nisha & Rajeshkumar, 2010), pois os fungos são capazes de formar micélio às raízes, facilitando a exploração de um maior volume de solo (Smith & Read, 2008). Em termos quantitativos, o fósforo é o nutriente menos exigido pelas plantas (Marschner & Dell, 1994), porém o que mais limita a produção agrícola. A concentração de fósforo na solução do solo, geralmente é baixa devido à sua imobilização em decorrência das fortes interações que apresenta com os constituintes do solo, pois a grande maioria dele encontra-se adsorvido na superfície dos colóides

Tabela 1. Altura de plantas, massa seca da parte aérea, número e massa seca de capítulos florais das plantas de calêndula, em função da inoculação com fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) e da adubação fosfatada {plant height, dry mass of the aboveground part, number and dry mass of flowering capitula depending on inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi and phosphate fertilizers}. Campos dos Goytacazes, UENF, 2012.

Doses de fósforo (mg/dm ³)	Altura de plantas (cm)			
	FMAs			
	Sem FMA	<i>G. margarita</i>	<i>G. clarum</i>	Média
0	19,8 Cb	27,9 Ab	24,6 Bb	24,1
50	31,6 Aa	30,8 Aa	29,2 Aa	30,5
Média	25,7	29,4	26,9	27,3
CV (%)	5,4			
Doses de fósforo (mg/dm ³)	Massa seca da parte aérea (g/planta)			
	FMAs			
	Sem FMA	<i>G. margarita</i>	<i>G. clarum</i>	Média
0	3,49 Bb	4,22 Ab	4,13 Ab	3,94
50	7,73 Aa	7,57 Aa	7,27 Aa	7,52
Média	5,61	5,90	5,70	5,73
CV (%)	4,8			
Doses de fósforo (mg/dm ³)	Capítulos florais (número/planta)			
	FMAs			
	Sem FMA	<i>G. margarita</i>	<i>G. clarum</i>	Média
0	7,0 Bb	16,5 Aa	13,7 Aa	12,4
50	19,5 Aa	18,7 Aa	14,0 Ba	17,4
Média	13,2	17,6	13,9	14,9
CV (%)	11,0			
Doses de fósforo (mg/dm ³)	Massa seca de capítulos florais (g/capítulo)			
	FMAs			
	Sem FMA	<i>G. margarita</i>	<i>G. clarum</i>	Média
0	0,22 Bb	0,51 Aa	0,51 Ab	0,41
50	0,53 Ba	0,56 Ba	0,68 Aa	0,59
Média	0,37	0,54	0,59	0,50
CV (%)	9,0			

Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$) {means followed by the same uppercase letter in the lines and lowercase letter in the columns do not differ by Tukey test ($p > 0,05$)}.

Tabela 2. Colonização micorrízica em plantas de calêndula aos 85 dias após a semeadura em função da inoculação com fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) e adubação fosfatada {mycorrhizal colonization in plants of calendula 85 days after sowing depending on inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi and phosphate fertilizers}. Campos dos Goytacazes, UENF, 2012.

Doses de P (mg/dm ³)	Sem fungo	FMAs		Média
		<i>G. margarita</i>	<i>G. clarum</i>	
0	0,0 Ca	77,5 Ba	87,5 Aa	55,0
50	0,0 Ba	52,5 Ab	57,5 Ab	36,7
Média	0,0	65,0	72,5	45,8
CV (%)		8,9		

Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p>0,05$) {means followed by the same uppercase letter in the lines and lowercase letter in the columns do not differ by Tukey test ($p>0,05$)}.

ou precipitado com fosfato de cálcio, ferro e alumínio (Moreira & Siqueira, 2006). Além disso, a maior parte do P no solo se move até as raízes do vegetal por difusão, dificultando ainda mais a absorção do nutriente pela planta.

O número de capítulos florais, na ausência da adubação fosfatada, foi maior em plantas inoculadas com os FMAs *G. margarita* e *G. clarum* em relação às plantas não inoculadas em 136% e 96%, respectivamente, e a massa seca de capítulos florais, independente do FMA utilizado, teve incremento de 56,8% em relação às plantas não inoculadas (Tabela 1). Esses resultados indicam a importância da associação simbiótica formada entre FMAs e raízes de plantas para a produção de partes específicas destes vegetais, o que pode ser fundamental no manejo de plantas de interesse medicinal cujo objetivo pode ser a síntese de compostos resultantes do metabolismo secundário em órgãos específicos das plantas.

Tejavathi *et al.* (2011), trabalhando com plantas de *Andrographis paniculata*, observaram maior número de brácteas, de flores e de frutos das plantas cultivadas a partir de sementes em plantas inoculadas com *G. fasciculatum* e cultivadas sem adição de fósforo ao substrato. Plantas de *Calendula officinalis* inoculadas com uma mistura contendo quatro espécies de *Glomus* (*G. geosporum*, *G. mosseae*, *G. intraradices* e *G. claroideum*) apresentaram maior número de botões florais quando comparado com plantas não inoculadas (Zaller *et al.*, 2011).

A inoculação com *G. clarum* promoveu redução de 28,2% no número de capítulos florais e aumento de 22,1% na massa seca de capítulos florais das plantas cultivadas com adição de fósforo (Tabela 1). Ceccarelli *et al.* (2010) encontraram resultados semelhantes em plantas de alcachofra (*Cynara cardunculus*).

Não foram observadas diferenças no diâmetro dos capítulos florais entre os substratos, demonstrando assim que as espécies de FMAs e as doses de P não interferem nessa característica. Resultados semelhantes foram obtidos por Zaller *et al.* (2011), ao observarem que o número e o diâmetro dos capítulos florais de *Calendula officinalis* também não foram influenciados pela inoculação com uma mistura de espécies de *Glomus*.

A massa seca da raiz das plantas de calêndula foi influenciada pelas doses de fósforo, apresentando incrementos de 132% (6,22 g/planta) em relação às plantas cultivadas na sua ausência (2,68 g/planta). Para os tratamentos com FMAs, independente da adição de fósforo, verificaram-se aumentos na massa seca de raiz de 30,1% (4,88 g/planta) e 26,1% (4,73 g/planta), quando se inoculou as plantas com *G. margarita* e *G. clarum*, respectivamente, em relação às plantas cultivadas sem FMA (3,75 g/planta). De acordo com Moreira *et al.* (2005), o fósforo é um nutriente importante para o desenvolvimento das plantas, sendo capaz de aumentar as produções das massas secas e frescas da parte aérea e dos capítulos florais de calêndula.

Os incrementos obtidos com a utilização de FMAs em calêndula nas avaliações de crescimento e de desenvolvimento, tais como o número e massa seca de capítulos florais, demonstram a eficiência da simbiose entre as espécies de FMAs e a espécie vegetal estudada. Apesar de não haver especificidade na formação de associação fungo-planta (Marschner & Dell, 1994), certas espécies podem apresentar respostas variadas na capacidade de colonizar o hospedeiro, como demonstrados por Zaller *et al.* (2011), em plantas de *Calendula officinalis*, e Binet *et al.* (2011), em três espécies de *Artemisia* (*A. umbelliformis*, *A. glacialis* e *A. genipi*), os quais verificaram que a simbiose FMA e planta não promoveu respostas significativas na massa seca radicular, ou até mesmo ocasionou redução de 60%, como foi mencionado por Binet *et al.* (2011), em relação ao controle não micorrizado.

Nos tratamentos sem adição de fósforo, a espécie *Glomus clarum* apresentou maior porcentagem de colonização micorrízica nas raízes de calêndula (87,5%), seguida pela *Gigaspora margarita* (77,5%) (Tabela 2). Essas mesmas espécies proporcionaram, aos 85 dias após a inoculação, incrementos na massa seca da parte aérea, e no número e na massa seca de capítulos florais em relação à ausência de inoculação (Tabela 1). Tais resultados, maior colonização micorrízica relacionada com maior crescimento vegetal, está de acordo com Smith & Read (2008), no qual em substratos com baixa disponibilidade de fósforo, a maior colonização micorrízica proporciona maior crescimento das plantas. De acordo com Marschner & Dell (1994), a eficiência micorrízica está relacionada à quantidade de micélio externo formado no solo; além disso, a capacidade de colonização do hospedeiro pode variar com as diferentes espécies de FMAs, os genótipos da planta, e com as variadas condições ambientais.

Em espécies medicinais, as variações das relações entre o hospedeiro e os FMAs, em condições de baixa disponibilidade de nutrientes, especialmente o fósforo, são claramente demonstradas na literatura. Karagiannidis *et al.* (2012), estudando associação do FMA *Glomus lamellosum* com espécies de

plantas medicinais cultivadas em substrato com 0,70 mg/kg de P, observaram colonizações micorrízicas variando de 38% a 83%. Rasouli-Sadaghiani et al. (2010) encontraram maior porcentagem de colonização micorrízica nas plantas de *Ocimum basilicum* inoculadas com *G. fasciculatum* (85%), seguidas por *G. etunicatum* (50%) e *G. intraradices* (27,5%), em solo com baixa concentração de P. Da mesma forma, Karthikeyan et al. (2009), testando a eficiência de *G. fasciculatum* em espécies de plantas medicinais, obtiveram valores mínimos de 58% e máximos de 85% na colonização das plantas de *Coleus forskholii* e *Catharanthus roseus*, respectivamente.

Em substratos com adição de fósforo, houve redução na porcentagem de colonização micorrízica de 77,5% para 52,5% e de 87,5% para 57,5%, nas espécies de *G. margarita* e *G. clarum*, respectivamente (Tabela 2). Isso pode ser resultado, segundo Moreira & Siqueira (2006), da baixa atividade das fosfatases na raiz; em consequência, as lecitinas presentes nestas raízes ficam livres e ligam-se a carboidratos do fungo micorrízico, inibindo o seu crescimento. Por outro lado, a biossíntese de fosfolípidos é aumentada, fazendo com que a permeabilidade celular, a exsudação radicular de açúcares e aminoácidos, a infecção e a colonização radicular sejam diminuídas. Por outro lado, na presença de fósforo, há aumento da fotossíntese e a disponibilidade de nutrientes para as raízes, inibindo os propágulos dos FMAs. Freitas et al. (2006), trabalhando com plantas de *Mentha arvensis* observaram reduções de 81% para 40% e de 69% para 38% nos substratos inoculados com *G. clarum* e *G. margarita*, respectivamente. Kapoor et al. (2007) verificaram em raízes de *Artemisia annua* que a inoculação com *G. fasciculatum* ou *G. macrocarpum* suplementados com adubação fosfatada (131 g de KH_2PO_4) reduziu em 51,2% e 21,6% respectivamente, a colonização micorrízica.

Assim, em função das variações de respostas na simbiose entre espécies vegetais estudadas e FMAs, verificadas na literatura, mais estudos são necessários para aprimorar o entendimento da relação entre espécies de fungos micorrízicos com espécies vegetais de interesse e com a diversidade de am-

bientes de cultivo.

Em solos sem adição de adubação fosfatada, plantas de *Calendula officinalis*, inoculadas com o fungo micorrízico arbuscular *Gigaspora margarita*, apresentaram maior altura, maior massa seca da parte aérea e da raiz, maior número e maior massa seca de capítulos florais em comparação com as não micorrizadas.

REFERÊNCIAS

- ANJOS ECTD; CAVALCANTE UMT; SANTOS VFD; MAIA LC. 2005. Produção de mudas de maracujazeiro-doce micorrizadas em solo desinfestado e adubado com fósforo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 40: 345-351.
- BINET MN; TUINEN VD; DEPRÉTRE N; KOSZELA N; CHAMBON C; GIANIAZZI S. 2011. Arbuscular mycorrhizal fungi associated with *Artemisia umbelliformis* Lam, an endangered aromatic species in Southern French Alps, influence plant P and essential oil contents. *Mycorrhiza* 21: 523-535.
- BORTOLO DPG; MARQUES PAA; PACHECO AC. 2009. Teor e rendimento de flavonóides em calêndula (*Calendula officinalis* L.) cultivada com diferentes lâminas de irrigação. *Revista Brasileira de Plantas Medicinais* 11: 435-441.
- CECCARELLI N; CURADI M; MARTELLONI L; SBRANA C; PICCIARELLI P; GIOVANNETTI M. 2010. Mycorrhizal colonization impacts on phenolic content and antioxidant properties of artichoke leaves and flower heads two years after field transplant. *Plant Soil* 335: 311-323.
- FREITAS MSM; MARTINS MA; CARVALHO AJCD. 2006. Crescimento e composição mineral da menta em resposta à inoculação com fungos micorrízicos arbusculares e adubação fosfatada. *Horticultura Brasileira* 24: 11-16.
- FREITAS MSM; MARTINS MA; VIEIRA IJC. 2004. Produção e qualidade de óleos essenciais de *Mentha arvensis* em resposta à inoculação de fungos micorrízicos arbusculares. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 39: 887-894.
- GRACE C; STRIBLEY P. 1991. A safer procedure for routine staining of vesicular arbuscular mycorrhizal fungi. *Mycological Research* 95: 1160-1162.
- KAPOOR R; CHAUDHARY V; BHATNAGAR AK. 2007. Effects of arbuscular mycorrhiza and phosphorus application on artemisinin concentration in *Artemisia annua* L. *Mycorrhiza* 17: 581-587.
- KARAGIANNIDIS N; THOMIDIS T; PANOUFILOTHEOU E. 2012. Effects of *Glomus lamellosum* on growth, essential oil production and nutrients uptake in selected medicinal plants. *Journal of Agricultural Science* 4: 137-144.
- KARTHIKEYAN B; JOE MM; JALEEL CA. 2009. Response of some medicinal plants to vesicular arbuscular mycorrhizal inoculations. *Journal Scientific Research* 1: 381-386.
- KIRIACHEK SG; AZEVEDO LCBD; PERES LEP; LAMBAIS MR. 2009. Regulação do desenvolvimento das micorrizas arbusculares. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 33: 1-16.
- MARSCHNER H; DELL B. 1994. Nutrient uptake in mycorrhiza. *Plant and Soil* 159: 89-102.
- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. 2009. *Regras para análise de sementes*. Brasília: Mapa/ACS, 399p.
- MOREIRA PA; MARCHETTI ME; VIEIRA MC; NOVELINO JO; GONÇALVES MC; ROBAINA AD. 2005. Desenvolvimento vegetativo e teor foliar de macronutrientes da calêndula (*Calendula officinalis* L.) adubada com nitrogênio e fósforo. *Revista Brasileira de Plantas Medicinais* 8: 18-23.
- MOREIRA FMS; SIQUEIRA JO. 2006. *Microbiologia e Bioquímica do Solo*, 2.ed. atualizada e ampliada. Lavras: UFLA, 729p.
- NISHA MC; RAJESHKUMAR S. 2010. Effect of arbuscular mycorrhizal fungi on growth and nutrition of *Wedelia chinensis* (Osbeck) Merril. *Indian Journal of Science and Technology* 3: 676-678.
- PARENTE LML; PAULA JRD; COSTA EA; SILVEIRA NDA. 2002. *Calendula officinalis*: características, propriedades químicas e terapêuticas. *Arquivos de Ciência da Saúde da UNIPAR* 6: 165-169.
- PARENTE LML; SILVA MSB; BRITO LAB; LINO-JÚNIOR RS; PAULA JR; TREVENZOL LMF; ZATTA DT; PAULO NM. 2009. Efeito cicatrizante e atividade antibacteriana da *Calendula officinalis* L. cultivada no Brasil. *Revista Brasileira de Plantas Medicinais* 11: 383-391.
- PINTO JEBP; BERTOLUCCI SKV. 2002 *Cultivo e processamento de plantas medicinais*. Lavras: UFLA, 169 p.
- PONCE M; SCERVINO JM; ERRA-BALSELLS R; OCAMPO JA; GODEAS AM. 2004. Flavonoids from shoots and roots of *Trifolium repens* (white clover) grown in presence or absence of the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus intraradices*. *Phytochemistry*, 65: 1925-1930.
- RAPPARINI F; LLUSIÀ J; PEÑUELAS J. 2008. Effect of arbuscular mycorrhizal (AM) colonization on terpene emission and content of *Artemisia annua* L. *Plant Biology* 10: 108-122.
- RASOULI-SADAGHIANI M; HASSANI A; BARIN M; DANESH YR; SEFIDKON F. 2010. Effects of arbuscular mycorrhizal (AM) fungi on growth, essential oil production and nutrients uptake in basil. *Journal of Medicinal Plants Research* 4: 2222-2228.
- RUSSOMANNO OMR; KRUPPAPC; MINHONI MTA. 2008. Influência de fungos micorrízicos arbusculares no desenvolvimento de plantas de alecrim e manjerição. *Arquivos do Instituto Biológico* 75: 37-43.
- SMITH SE; READ DJ. 2008. *Mycorrhizal symbiosis*. Califórnia: Academic Press. 605p.
- TEJAVATHI DH; ANITHA P; MURTHY SM; NIJAGUNAIAH R. 2011. Effect of AM fungal association with normal and micropropagated plants of *Andrographis paniculata* Nees on biomass, primary and secondary metabolites. *International Research Journal of Plant Science* 2: 338-348.
- ZALLER JG; SACCANI F; FRANK T. 2011. Effects of earthworms and mycorrhizal fungi on the growth of the medicinal herb *Calendula officinalis* (Asteraceae). *Plant Soil Environmental* 57: 499-504.