

Crescimento inicial e absorção de fósforo e nitrogênio de *Enterolobium contortisiliquum* inoculada com fungos micorrízicos arbusculares

Initial growth and phosphorus and nitrogen uptake of *Enterolobium contortisiliquum* inoculated with arbuscular mycorrhizal fungi

Gustavo M. Abreu¹, Jolimar A. Schiavo^{2*}, Phillipe M. Abreu², Gabrielly dos S. Bobadilha³ e Jean S. Rosset⁴

¹ Universidade Federal de Viçosa, Centro de Ciências Agrárias, Viçosa, MG, Brasil

² Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul – UEMS, Rodovia Aquidauana, Km 12, Zona Rural, Caixa Postal 25, CEP 79200-000 Aquidauana, MS, Brasil

³ Universidade Federal do Espírito Santo – UFES, Jerônimo Monteiro, ES, Brasil

⁴ Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS), Mundo Novo, MS, Brasil

(*E-mail: schiavo@uemms.br)

<http://dx.doi.org/10.19084/RCA17138>

Recebido/received: 2017.06.06

Recebido em versão revista/received in revised form: 2017.09.10

Aceite/accepted: 2017.10.10

RESUMO

O *Enterolobium contortisiliquum* é uma leguminosa arbórea que associada a fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) pode ser utilizada na recuperação de áreas degradadas. Objetivou-se avaliar o efeito da inoculação com FMAs e doses de fósforo (P) sobre o crescimento, absorção de nitrogênio (N) e P em plantas jovens de *E. contortisiliquum*. Utilizou-se o delineamento de blocos casualizados em esquema fatorial 5 x 3, sendo os fatores doses de P (0, 50, 100, 200 e 400 mg kg⁻¹) e inoculação com FMAs (*Gigaspora margarita* e população nativa da rizosfera de plantas de *E. contortisiliquum*) ou não inoculado (controle) com quatro repetições por tratamento. A maior colonização micorrízica (35%) ocorreu em plantas inoculadas com *G. margarita*. Aos 30 dias após sementeira, nas doses 0 e 50 mg kg⁻¹ de P, plantas inoculadas com *G. margarita* tiveram incremento em altura de 19,5% e 7,4%, respectivamente, em relação ao tratamento controle. Os teores de P da parte aérea de plantas inoculadas com *G. margarita*, nas doses 0, 50, 100 e 400 mg kg⁻¹ de P, tiveram incrementos de 198%, 108%, 181% e 106%, respectivamente, em comparação ao controle. No solo sem aplicação de P, plantas inoculadas com *G. margarita* tiveram maior eficiência (34,89%) e dependência micorrízica (25,53%).

Palavras-chave: áreas degradadas, ximbuva, eficiência micorrízica, Fabaceae.

ABSTRACT

Enterolobium contortisiliquum is a leguminous tree that associates by symbiosis with arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) and can be used to recover degraded areas. Therefore, the aim of this work was to evaluate the effects of AMF inoculation, supply of phosphorus (P), and rate of nitrogen (N) and P absorption in *E. contortisiliquum*. The variables were analyzed into randomized blocks with factorial design 5 x 3, in which the factors were levels of P (0, 50, 100, 200, and 400 mg kg⁻¹), and inoculation with AMF (*Gigaspora margarita* and native population in soil), or non-inoculation (control treatment), with four repetitions in each treatment. The highest mycorrhizal colonization (35%) occurred in seedlings inoculated with *G. margarita*. Plants inoculated with *G. margarita* and under P supply of 0 and 50 mg kg⁻¹ exhibited increase in height of 19.5% and 7.4%, respectively, compared to the control treatment. P levels in aerial part of plants inoculated with *G. margarita*, under levels of 0, 50, 100 and 400 mg kg⁻¹ of P presented high increment of 198%, 108%, 181% and 106%, respectively, compared to the control. The control treatment, without any P supply, seedlings inoculated with *G. margarita* exhibited high colonization efficiency (34.89%) and high mycorrhizal dependence (25.53%).

Keywords: land reclamation, ximbuva, mycorrhizal efficiency, Fabaceae.

INTRODUÇÃO

A supressão vegetal, queimadas florestais e poluição do ambiente vêm trazendo consequências ambientais bastante visíveis, o que prejudica áreas de nascentes de rios, aumenta a exposição do solo, dificulta a regeneração vegetal e favorece a redução da biodiversidade, levando à degradação de grandes áreas (Araujo Filho *et al.*, 2007).

A degradação dos ecossistemas é resultado de fatores diversos que atuam sobre o solo e sua vegetação, alterando suas propriedades físicas, químicas e principalmente biológicas, comprometendo o funcionamento dos sistemas simbióticos, tais como os fungos micorrízicos arbusculares – FMAs (Lima *et al.*, 2007; Siqueira *et al.*, 2007). A baixa resiliência é uma característica marcante de um ecossistema degradado, pois a sua recuperação pode ser lenta ou até mesmo não ocorrer, o que demanda a intervenção antrópica por meio de práticas de recuperação do solo e, conseqüentemente, a monitorização da sua eficácia (Lima *et al.*, 2007).

Os FMAs possuem papel relevante na manutenção da diversidade e produtividade dos ecossistemas vegetais terrestres (Souza *et al.*, 2010). Em razão do aumento da produtividade da biomassa vegetal que proporcionam, têm incrementado a dinâmica e aporte de nutrientes ao solo via manta morta e colaborado com o aumento do dreno de carbono da atmosfera (Leake *et al.*, 2004).

Segundo Soares *et al.* (2007), a maior parte das plantas da família Fabaceae associadas aos FMAs são importantes ecologicamente e economicamente, pois produzem mais biomassa, melhoram a absorção de nutrientes, especialmente o fósforo (P), reduzem a fitotoxicidade, devido a capacidade de armazenar elementos que se encontram em níveis tóxicos no solo e ainda, permitem reduzir o uso de fertilizantes nitrogenados e fosfatados, proporcionando menor custo de produção e contaminação do solo (Faria *et al.*, 2005).

Quando o ambiente é estressante para a planta, com baixo suprimento de água e de nutrientes, em especial de P, geralmente os FMAs garantem benefícios para a planta. No entanto, em altos níveis de P, ocorre diminuição da colonização radicular,

causando redução no crescimento do vegetal (Carneiro *et al.*, 2004; Cardoso *et al.*, 2010). Além disso, para garantir o sucesso da recuperação de áreas degradadas, é necessário selecionar espécies vegetais rústicas, tolerantes aos períodos secos e à baixa fertilidade, e capazes de produzir grande quantidade de biomassa vegetal e sementes viáveis (Carneiro *et al.*, 1999).

Dentre as diversas espécies florestais potencialmente utilizáveis, o *Enterolobium contortisiliquum* da família Fabaceae, popularmente conhecida por ximbuva ou tamboril, é uma planta pioneira que ocorre em diversas formações florestais desde o Ceará, Piauí, Maranhão e Pará até o Rio Grande do Sul (Lorenzi, 2002). Esta espécie é comum na vegetação secundária, em clareiras, capoeirões e matas degradadas, onde se constata regeneração acentuada.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da inoculação com FMAs e da aplicação de doses de P sobre o crescimento, absorção de nitrogênio (N) e P em plantas jovens de *E. contortisiliquum*.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado em estufa da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS), cuja localização está entre as coordenadas 20°27' de latitude S e 55°40' de longitude W, com altitude de 174 metros. O clima da região, segundo classificação de Köppen, pertence ao tipo Aw, (tropical húmido), com precipitação média anual de 1.200 mm, temperaturas máximas e mínimas médias de 33°C e 19,6°C respectivamente (Alvares *et al.*, 2014).

O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso em esquema fatorial 5 x 3, sendo os fatores doses de P (0, 50, 100, 200 e 400 mg kg⁻¹) e inoculação com FMAs (*Gigaspora margarita* e população nativa da rizosfera de plantas de *E. contortisiliquum*), ou não inoculado (controle) com quatro repetições por tratamento.

Para a multiplicação do inóculo de FMAs foi utilizado substrato constituído por uma mistura de solo e vermiculite média na proporção de 2:1 (v/v). Esse substrato foi esterilizado em autoclave, por uma vez, a 121°C, por uma hora. Após a

esterilização o substrato foi colocado em vasos de cultivo com capacidade de 5 dm³ e infectado com uma mistura de solo contendo esporos e raízes colonizadas com os FMAs *Gigaspora margarita* (da coleção do laboratório de microbiologia de solos da UEMS) e FMA nativos (colhidos na rizosfera de plantas de *Enterolobium contortisiliquum* de ocorrência natural no Cerrado no Campus da UEMS, Aquidauana, MS). Como plantas hospedeiras foram semeadas sementes de *Brachiaria brizantha* cv. xaraés. Os vasos foram mantidos em estufa por um período de quatro meses para a multiplicação do fungo, os quais foram utilizados como inóculo.

O substrato utilizado no ensaio foi constituído por uma mistura 1:1 v/v de vermiculite média com o horizonte sub-superficial de um Argissolo Vermelho distrófico (Schiavo *et al.*, 2010). Esse substrato foi esterilizado em autoclave, por uma vez, a 121°C, por uma hora. Após a esterilização, realizou a análise química que apresentou os seguintes resultados: pH (H₂O) (1:2,5) = 4,8; P (Mehlich-1) = 3,5 mg dm⁻³; K = 1,6 mmol_c dm⁻³; Ca = 10,0 mmol_c dm⁻³; Mg = 7,0 mmol_c dm⁻³; Al = 4,0 mmol_c dm⁻³; H+Al = 27,0 mmol_c dm⁻³; SB = 18,6 mmol_c dm⁻³; CTC = 45,6 mmol_c dm⁻³; V = 40,79%; m = 8,7%; M.O = 13,0 g kg⁻¹.

Em função da análise do solo, realizou-se a calagem objetivando a elevação da saturação por bases para 60%. Após a calagem, de acordo com cada tratamento, as doses de P foram aplicadas tendo como fonte o KH₂PO₄. Em função das doses crescente de P, foi necessário equilibrar as doses de potássio, utilizando-se como fonte o KCl.

As sementes de *E. contortisiliquum* foram colhidas em plantas matrizes de ocorrência natural no campus da UEMS em Aquidauana, MS. As sementes tiveram sua superfície esterilizada, sendo submersas em hipoclorito de sódio 2% por 10 minutos. Em seguida, as mesmas foram lavadas na sequência em água corrente de torneira e destilada. A seguir, as sementes foram dispostas em placas de Petri com algodão embebido em água destilada, sendo mantidas em câmara de crescimento tipo BOD à temperatura de 30°C até emissão das radículas.

Para realização da sementeira, foram abertos no substrato quatro orifícios em cada vaso. Nos tratamentos correspondentes à inoculação com FMA,

adicionaram-se em cada orifício 5 ml de inóculo, constituído por solo, fragmentos de raízes com hifas e estruturas reprodutivas. Em seguida, cada orifício recebeu uma semente com presença de radícula, sendo a mesma coberta com vermiculite. Aos dez dias após a semeadura, foi realizado o debate, permanecendo apenas duas plantas por vaso.

O ensaio foi conduzido com medições periódicas de altura e diâmetro à altura do colo das plantas aos 30, 51 e 65 dias após a semeadura (DAS). Aos 65 DAS, as plantas de cada tratamento foram colhidas, e o sistema radicular separado da parte aérea para a avaliação da colonização micorrízica. Após lavagem das raízes, foram colhidas subamostras de 2 cm de comprimento e conservadas em etanol a 50%. Em seguida, as mesmas foram coradas com azul de metileno (Koske e Gemma, 1989) e a colonização micorrízica determinada com auxílio microscópico através do método da interseção em placa de Petri reticulada (Giovannetti e Mosse, 1980).

Para determinação da matéria seca total da planta e teores de N e P, a parte aérea e o sistema radicular foram submetidos à secagem em estufa de circulação forçada de ar a 65°C por 72 horas. A seguir, o material foi pesado, para determinação da matéria seca, sendo a parte aérea posteriormente moída em moinho tipo Willey, passado em peneira de 20 mesh e armazenado em frascos hermeticamente fechados. Após o material ser submetido à digestão sulfúrica (para determinação de N) e nítrico-perclórica (para determinação de P), o N foi quantificado pelo método de Nessler (Jackson, 1965) e o P por colorimetria, pelo método do molibdato de amônio (Malavolta *et al.*, 1997). A dependência (DM) e eficiência micorrízica (EM) foram determinadas a partir da massa seca total (Plenchette *et al.*, 1983), de acordo com as fórmulas a seguir:

$$DM = [(massa\ seca\ de\ mudas\ micorrizadas - massa\ seca\ de\ mudas\ não\ micorrizadas) / massa\ seca\ de\ mudas\ micorrizadas] \times 100$$

$$EM = [(massa\ seca\ de\ mudas\ micorrizadas - massa\ seca\ de\ mudas\ não\ micorrizadas) / massa\ seca\ de\ mudas\ não\ micorrizadas] \times 100$$

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias dos tratamentos de inoculação com FMA e doses de P a comparação de médias, pelo teste de Tukey (P<0,05) e a análise de regressão, respectivamente, utilizando o software SAEG®.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De maneira geral, as plantas de *E. contortisiliquum* inoculadas com FMAs apresentaram baixa porcentagem de colonização, variando de 5% a 35%, não havendo ajuste de regressão em função das doses de P aplicadas (Quadro 1). Plantas inoculadas com *G. margarita* nas doses 0 e 400 mg kg⁻¹ de P apresentaram valores superiores de colonização micorrízica em relação às plantas com FMA nativos.

A taxa de colonização micorrízica no tratamento controle variou de 0 a 20%, podendo ser explicada pela possível presença de propágulos de FMAs na água de irrigação utilizada durante o período de condução do experimento, ou a propágulos de FMAs resistentes ao processo de esterilização.

Aos 30 DAS, a altura das plantas de *E. contortisiliquum* não foi influenciada pela inoculação com os FMAs, exceto na dose de 400 mg kg⁻¹ de P, cuja maior altura ocorreu no tratamento controle (Quadro 1). Plantas inoculadas com *G. margarita* e FMAs nativos apresentaram regressão quadrática, em função das doses de P aplicadas.

Aos 51 DAS nas doses 0 e 50 mg kg⁻¹ de P, plantas inoculadas com *G. margarita* tiveram incrementos em altura de 67% e 22%, respectivamente, quando comparadas com o tratamento controle, com ajuste de regressão quadrática. De forma semelhante, aos 65 DAS, nas doses 0 e 50 mg kg⁻¹ de P, plantas inoculadas com *G. margarita* tiveram incrementos em altura de 73% e 25%, respectivamente, quando comparadas com o tratamento controle, tendo todos os tratamentos ajuste de regressão quadrática.

O diâmetro à altura do colo (DAC) das plantas aos 30 DAS nas doses de 100 e 200 mg kg⁻¹ de P, inoculadas com *G. margarita*, apresentaram incremento de 25% e 27%, respectivamente, em relação às do

Quadro 1 - Colonização micorrízica e altura de plantas de *Enterolobium contortisiliquum* em função de doses de fósforo e da inoculação com fungos micorrízicos arbusculares

Inoculação	Doses de fósforo mg kg ⁻¹					Regressão ¹ R ²	Equação
	0	50	100	200	400		
Colonização micorrízica (%)							
Controle	2,50b	0,00b	20,00a	0,00b	2,50b	-	-
Nativo	5,00b	20,00a	5,00a	15,00ab	5,00b	-	-
<i>G. margarita</i>	22,50a	35,00a	15,00a	17,50a	27,50a	-	-
CV% = 75,76							
Altura das plantas 30 dias após sementeira (cm)							
Controle	34,50a	43,75a	50,38a	45,00a	52,86a	-	-
Nativo	34,13a	40,38a	44,63a	47,63a	43,37b	Q, 0,98	$\hat{y}=34,71+0,1154p-0,0002351p^2$
<i>G. margarita</i>	41,23a	47,00a	45,88a	51,38a	49,25ab	Q, 0,87	$\hat{y}=41,74+0,07263p-0,0001344p^2$
CV% = 11,79							
Altura das plantas 51 dias após sementeira (cm)							
Controle	41,00b	62,13b	75,88a	72,13a	78,75a	Q, 0,81	$\hat{y}=46,58+0,2564p-0,0004485p^2$
Nativo	51,88b	65,75ab	72,88a	73,75a	74,25a	Q, 0,88	$\hat{y}=54,92+0,1788p-0,0003305p^2$
<i>G. margarita</i>	68,50a	75,63a	72,00a	79,13a	76,75a	Q, 0,71	$\hat{y}=69,38+0,06939p-0,0001268p^2$
CV% = 10,49							
Altura das plantas 65 dias após sementeira (cm)							
Controle	48,00b	75,00b	88,50a	87,00a	91,50a	Q, 0,84	$\hat{y}=54,72+0,3181p-0,0005747p^2$
Nativo	74,00a	69,13b	80,38a	82,50a	85,38a	Q, 0,74	$\hat{y}=71,35+0,07199p-0,00009119p^2$
<i>G. margarita</i>	83,00a	93,50a	89,75a	95,63a	91,25a	-	-
CV% = 9,45							

Médias seguidas da mesma letra na coluna, para cada variável, não diferem entre os tratamentos de inoculação pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CV%: coeficiente de variação; 1Q: regressão quadrática.

tratamento controle (Quadro 2). De forma semelhante, aos 51 DAS na dose 0 mg kg⁻¹ de P, plantas inoculadas com *G. margarita* tiveram incremento de 22,3 % no DAC em relação ao controle.

Aos 65 DAS plantas na dose 50 mg kg⁻¹ de P inoculadas com FMA nativos apresentaram incremento de 16% no DAC quando comparadas às do tratamento controle, sendo que as plantas controle apresentaram ajuste de regressão quadrática, em função das doses de P aplicadas. Não houve diferença entre mudas com ou sem inoculação nas demais doses aplicadas de P.

Os benefícios dos FMAs em proporcionar aumento de altura e diâmetro à altura do colo das plantas estão relacionados à capacidade de produção de hifas. No sistema radicular sem formação de hifas tem-se em torno de 1 a 2% do volume do solo explorado (Barber, 1984), ao passo que plantas com raízes em abundância de hifas exploram maior volume de solo havendo maior eficiência na absorção de água e nutrientes favorecendo o crescimento vegetal (Moreira e Siqueira, 2006; Balota *et al.*, 1997).

No solo sem aplicação de P (3,5 mg kg⁻¹), as plantas de *E. contortisiliquum* apresentaram menor massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca de raiz (MSR) e massa seca total (MST), quando comparadas as doses 200 e 400 mg kg⁻¹ de P, nos tratamentos com ou sem FMA (Quadro 3). Na dose 100 mg kg⁻¹, a MST de plantas do tratamento controle foi superior do que a observada em plantas inoculadas com *G. margarita*, sendo que ambas apresentaram ajuste de regressão quadrática, em função das doses de P aplicadas.

A MSR não foi influenciada pela inoculação com FMA e apresentou ajuste linear nos tratamentos com os FMA *G. margarita* e nativo (Quadro 3), o que demonstra que o incremento de biomassa radicular foi proporcional ao aumento das doses de P, confirmando a importância deste nutriente para o desenvolvimento radicular dos vegetais. Soares e Carneiro (2010) relataram que a maior produção de raízes aumenta a atividade e a diversidade dos microrganismos heterotróficos, além de contribuir para o aumento da biomassa e recuperação da atividade biológica do solo, favorecendo assim uma melhor agregação e estruturação do solo.

Quadro 2 - Diâmetro à altura do colo de plantas de *Enterolobium contortisiliquum* em função de doses de fósforo e da inoculação com fungos micorrízicos arbusculares

Inoculação	Doses de fósforo mg kg ⁻¹					Regressão ¹ R ²	Equação
	0	50	100	200	400		
Diâmetro à altura do colo 30 dias após sementeira (mm)							
Controle	3,10a	3,60a	3,60b	3,70b	4,20a	L, 0,88	$\hat{y} = 3,32 + 0,002375p$
Nativo	3,40a	3,90a	4,40a	4,40ab	4,20a	Q, 0,90	$\hat{y} = 3,46 + 0,008827p - 0,00001731p^2$
<i>G. margarita</i>	3,60a	4,00a	4,50a	4,70a	4,60a	Q, 0,98	$\hat{y} = 3,63 + 0,009313p - 0,00001712p^2$
CV% = 10,26							
Diâmetro à altura do colo 51 dias após sementeira (mm)							
Controle	4,40b	5,50a	5,88a	6,13a	6,50a	Q, 0,91	
Nativo	5,13ab	5,88a	5,88a	5,63a	5,75a	-	
<i>G. margarita</i>	5,38a	6,13a	6,13a	6,00a	5,88a	-	
CV% = 8,41							
Diâmetro à altura do colo 65 dias após sementeira (mm)							
Controle	5,25a	6,00b	6,50a	6,38a	6,75a	Q, 0,83	$\hat{y} = 5,45 + 0,008951p - 0,00001458p^2$
Nativo	6,00a	7,00a	6,63a	6,75a	6,50a	-	-
<i>G. margarita</i>	6,00a	6,75ab	6,75a	6,63a	6,88a	-	-
CV% = 6,77							

Médias seguidas da mesma letra na coluna, para cada variável, não diferem entre os tratamentos de inoculação pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CV%: coeficiente de variação; 1Q: regressão quadrática; L: regressão linear.

Quadro 3 - Massa seca da parte aérea, raiz e total de plantas de *Enterolobium contortisiliquum* em função de doses de fósforo e da inoculação com fungos micorrízicos arbusculares

Inoculação	Doses de fósforo mg kg ⁻¹					Regressão ¹ R ²	Equação
	0	50	100	200	400		
Massa seca parte aérea (g vaso ⁻¹)							
Controle	10,83a	17,51a	20,94a	20,05a	20,66a	Q, 0,80	$\hat{y}=12,55+0,07763p-0,0001459p^2$
Nativo	12,92a	17,10a	19,87a	19,82a	20,56a	Q, 0,88	$\hat{y}=13,87+0,05643p-0,0001007p^2$
<i>G. margarita</i>	14,85a	16,48a	17,15a	19,83a	19,86a	Q, 0,98	$\hat{y}=14,75+0,03457p-0,00005417p^2$
CV% = 15,77							
Massa seca raiz (g vaso ⁻¹)							
Controle	4,20a	6,34a	9,31a	10,26a	12,04a	Q, 0,96	$\hat{y}=4,43+0,04589p-0,00006784p^2$
Nativo	4,53a	5,97a	8,49a	8,04a	12,53a	L, 0,91	$\hat{y}=5,16+0,01834p$
<i>G. margarita</i>	5,49a	6,93a	6,93a	9,27a	11,08a	L, 0,95	$\hat{y}=5,88+0,01369p$
CV% = 25,23							
Massa seca total (g vaso ⁻¹)							
Controle	15,03a	23,85a	30,25a	30,31a	32,70a	Q, 0,89	$\hat{y}=16,98+0,1235p-0,0002137p^2$
Nativo	17,45a	23,07a	28,36ab	27,86a	33,09a	Q, 0,89	$\hat{y}=18,85+0,07870p-0,0001102p^2$
<i>G. margarita</i>	20,34a	23,41a	24,08b	29,10a	30,94a	Q, 0,89	$\hat{y}=20,29+0,05563p-0,00007201p^2$
CV% = 13,26							

Médias seguidas da mesma letra na coluna, para cada variável, não diferem entre os tratamentos de inoculação pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CV%: coeficiente de variação; 1Q: regressão quadrática; L: regressão linear.

Não houve efeito da inoculação com os FMA e doses de P nos teores e conteúdos de N da parte aérea de plantas de *E. contortisiliquum* (Quadro 4). No entanto, o conteúdo de N da parte aérea de plantas do tratamento controle apresentou ajuste de regressão quadrática em função das doses de P. Siqueira e Franco (1988) verificaram diminuição na porcentagem de N nas plantas, devido à diluição deste nutriente nos fungos, ocorrendo aumento da biomassa micorrízica e diminuição da concentração de N na massa seca da planta. Resultados semelhantes foram obtidos em outros trabalhos, nos primeiros meses de cultivos, em mudas colonizadas por fungos micorrízicos (Trimble e Knowles, 1995; Johansen, 1999).

O teor de P na parte aérea das plantas de *E. contortisiliquum* inoculadas com *G. margarita* nas doses 0, 50, 100 e 400 mg kg⁻¹ de P apresentaram incremento de 198, 108, 181 e 106%, respectivamente, em relação às plantas do tratamento controle (Quadro 4), ressaltando a importância dos FMAs na aquisição de P do solo, um nutriente de baixa disponibilidade em solos tropicais.

Os resultados alusivos ao conteúdo de P acumulado na parte aérea das plantas de *E. contortisiliquum* (Quadro 4) apresentaram ajuste de regressão linear nos tratamentos controle e com *G. margarita*.

Nas doses 100 e 400 mg kg⁻¹ de P, plantas inoculadas com *G. margarita*, apresentaram incremento respectivamente de 130% e 93,3%, em comparação às plantas controle.

No solo sem aplicação de P (3,5 mg kg⁻¹) ocorreram os maiores valores de eficiência e dependência micorrízica (Figuras 1 e 2), sendo os valores respectivamente de 18,17 % e 3,24 % para inóculo nativo, e 34,89% e 25,53% para *G. margarita*. A partir da dose de 50 mg kg⁻¹ de P, tanto a eficiência quanto a dependência micorrízica foram muito baixas ou negativas. Quando a dependência e eficiência micorrízica apresentam valores negativos, as plantas inoculadas com FMAs apresentam menor acúmulo de matéria seca, em relação ao tratamento controle, podendo caracterizar a interação entre FMAs e plantas como uma relação parasítica (Schiavo *et al.*, 2010).

Na dose 0 mg kg⁻¹ de P, plantas inoculadas com *G. margarita* tiveram maior eficiência micorrízica quando comparadas com plantas inoculadas com fungos nativos, com valores de 34,49% e 18,17%, respectivamente (Figura 1). Este fato pode ser explicado pela melhor interação entre os FMA da espécie *G. margarita* e as plantas de *E. contortisiliquum*, quando os teores de P no solo são muito baixos.

Quadro 4 - Teores e conteúdos de N e P de plantas de *Enterolobium contortisiliquum* em função de doses de fósforo e da inoculação com fungos micorrízicos arbusculares

Inoculação	Doses de fósforo mg kg ⁻¹					Regressão ¹ R ²	Equação
	0	50	100	200	400		
Teor de N (g kg ⁻¹)							
Controle	20,36a	16,17a	16,19a	15,99a	16,25a	-	-
Nativo	16,36a	17,98a	15,98a	13,92a	14,08a	-	-
<i>G. margarita</i>	13,92a	17,28a	12,28a	14,53a	16,30a	-	-
CV% = 23,85							
Teor de P (g kg ⁻¹)							
Controle	0,50b	0,91b	0,78b	1,06a	1,40b	L, 0,88	$\hat{y}=0,6362+0,001977p$
Nativo	1,26ab	1,45ab	2,32a	1,38a	1,82b	-	-
<i>G. margarita</i>	1,49a	1,89a	2,19a	1,54a	2,88a	-	-
CV% = 36,17							
Conteúdo de N (mg vaso ⁻¹)							
Controle	221,42a	279,40a	337,24a	318,18a	332,43a	Q, 0,80	$\hat{y}=236,32+0,8469p-0,001544p^2$
Nativo	218,10a	304,18a	321,62a	277,01a	294,02a	-	-
<i>G. margarita</i>	206,78a	286,79a	208,13a	293,85a	322,17a	-	-
CV% = 28,47							
Conteúdo de P (mg vaso ⁻¹)							
Controle	5,33a	16,08a	16,19b	21,29a	28,92b	L, 0,87	$\hat{y}=9,95+0,05076p$
Nativo	16,80a	25,00a	47,40a	27,88a	38,50ab	-	$-\hat{y}=24,68+0,07246p$
<i>G. margarita</i>	22,22a	31,03a	37,24a	31,31a	55,91a	L, 0,83	$\hat{y}=24,68+0,07246p$
CV% = 41,99							

Médias seguidas da mesma letra na coluna, para cada variável, não diferem entre os tratamentos de inoculação pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CV%: coeficiente de variação; IQ: regressão quadrática; L: regressão linear.

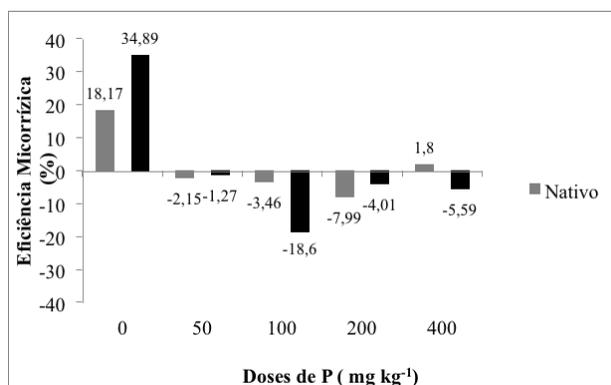


Figura 1 - Eficiência micorrízica de plantas de *Enterolobium contortisiliquum* em função de doses de fósforo e da inoculação com fungos micorrízicos arbusculares.

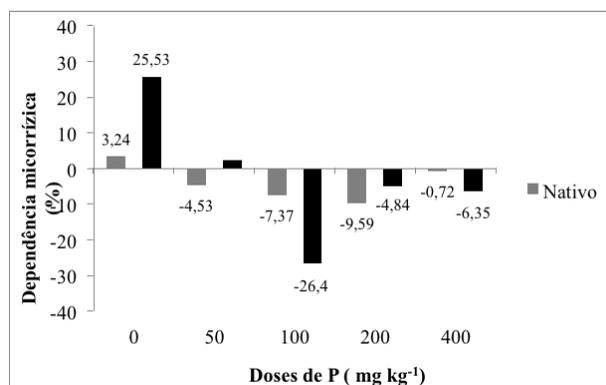


Figura 2 - Dependência micorrízica de plantas de *Enterolobium contortisiliquum* em função de doses de fósforo e da inoculação com fungos micorrízicos arbusculares.

Os fungos micorrízicos têm a capacidade diferenciada em colonizar e promover benefícios às espécies vegetais (Sawyer *et al.*, 2003). Entretanto, cabe ressaltar que para a maioria das culturas, ainda não se sabe exatamente qual o nível ótimo de colonização micorrízica para a máxima obtenção de benefícios para as plantas (Carrenho *et al.*, 2001; Karanika *et al.*, 2008), o que ressalta a necessidade de mais estudos sobre o assunto, visando-se

subsidiar diversos setores, como a produção agrícola e a recuperação de áreas degradadas.

CONCLUSÕES

Plantas de *Enterolobium contortisiliquum* inoculadas com *Gigaspora margarita* apresentaram maior altura, diâmetro à altura do colo e maior teor de fósforo na

parte aérea, principalmente nas menores doses de fósforo.

Plantas de *E. contortisiliquum* na dose de 0 mg kg⁻¹ de P (3,5 mg kg⁻¹) e inoculadas com *G. margarita* apresentaram elevada eficiência e dependência micorrízica.

AGRADECIMENTOS

À FUNDECT; ao CNPq/CAPES pelo apoio financeiro via projetos: “casadinho” processo 620029/20080 e “casadinho/Procad” processo 552377/2011-2; e a CAPES pela concessão de bolsa de estudo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvares, C.A.; Stape, J.L.; Sentelhas, P.C.; Gonçalves, J.L.M. e Sparovek, G. (2014) – Köppen’s climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, vol. 22, n. 6, p. 711–728. <http://dx.doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>
- Araujo Filho, J.A.; Sousa, F.B.; Silva, N.L. e Bezerra, T.S. (2007) – Avaliação de leguminosas arbóreas, para recuperação de solos e povoamentos em áreas degradadas, Quixeramobim-CE. *Revista Brasileira de Agroecologia*, vol. 2, n. 2, p.1592-1595.
- Barber, S.A. (1984) – *Soil nutrient bioavailability: a mechanistic approach*. Wiley & Sons: New York, 323 p.
- Balota, E.L.; Lopes, E.S.; Hungria, M. e Dobereiner, J. (1997) – Inoculação de bactérias diazotróficas e fungos micorrízicos arbusculares na cultura da mandioca. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, vol. 32, n. 6, p. 627-639.
- Cardoso, E.J.B.N.; Cardoso, I.M.; Nogueira, M.A.; Barreta, C.R.D.M. e de Paula, A.M. (2010) – Micorrizas arbusculares na aquisição de nutrientes pelas plantas. In: Siqueira, J. O.; Souza, F. A.; Cardoso, E. J. B. N.; Tsai, S. M. (Eds.) – *Micorrizas: 30 anos de pesquisa no Brasil*. Lavras-MG, UFLA, p. 153-214.
- Carneiro, M.A.C.; Siqueira, J.O.; Curi, N. e Moreira, F.M.S. (1999) – Efeitos da inoculação de fungos micorrízicos arbusculares e da aplicação de fósforo no estabelecimento de forrageiras em solo degradado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, vol. 34, n. 9, p. 1669-1677. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X1999000900018>
- Carneiro, M.A.C.; Siqueira J.O. e Davide, A.C. (2004) – Fósforo e inoculação com fungos micorrízicos arbusculares no estabelecimento de mudas de embaúba (*Cecropia pachystachya* Trec). *Pesquisa Agropecuária Tropical*, vol. 34, n. 3, p. 119-125.
- Carrenho, R.; Trufem, S.F.B. e Bononi, V.L.R. (2001) – Fungos micorrízicos arbusculares em rizosfera de três espécies de fitobiontes instaladas em área de mata ciliar revegetada. *Acta Botânica Brasileira*, vol. 15, n. 1, p. 115-124. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-33062001000100011>
- Faria, S.M.; Machado, R.L. e Uchôas, E. da S. (2005) – *Dependência de fungos micorrízicos arbusculares na seleção de estirpes de rizóbio para pau jacaré (Piptadenia gonoacantha (Mart.) Macbr), em substrato autoclavado*. Embrapa Agrobiologia, Seropédica-RJ. Comunicado Técnico, 2005.
- Giovannetti, M. e Mosse, B. (1980) – An evaluation of techniques for measuring vesicular-arbuscular mycorrhizal infection in roots. *New Phytologist*, vol. 84, n. 3, p. 484-500. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1469-8137.1980.tb04556.x>
- Jackson, M.L. (1965) – *Soil chemical analysis*. New Jersey-USA, Prentice Hall, 498 p.
- Johansen, A. (1999) – Depletion of mineral N by roots of *Cucumis sativus* L. colonized or not by arbuscular mycorrhizal fungi. *Plant and Soil*, vol. 209, n. 1, p. 119-127. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1004558126118>
- Karanika, E.D.; Voulgaria, O.K.; Mamolosa, A.P.; Alifragis, D.A. e Veresoglou, D.S. (2008) – Arbuscular mycorrhizal fungi in Northern Greece and influence of soil resources on their colonization. *Pedobiologia*, vol. 51, n. 5-6, p. 409-418. <http://dx.doi.org/10.1016/j.pedobi.2007.11.002>
- Koske, R.E. e Gemma, J.N. (1989) – A modified procedure for staining roots to detect VA mycorrhizas. *Mycological Research*, vol. 92, n. 4, p. 486-488. [http://dx.doi.org/10.1016/S0953-7562\(89\)80195-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0953-7562(89)80195-9)
- Leake, J.R.; Johnson, D.; Donnelly, D.P.; Muckle, G.E.; Boddy, L. e Read, D. (2004) – Networks of power and influence: the role of mycorrhizal mycelium in controlling plant communities and agroecosystem functioning. *Canadian Journal of Botany*, vol. 82, n. 8, p. 1016-1045. <http://dx.doi.org/10.1139/b04-060>

- Lima, R.L.F.A.; Salcedo, I.H. e Fraga, V.S. (2007) – Propágulos de fungos micorrízicos arbusculares em solos deficientes em fósforo sob diferentes usos, da região semi-árida no nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, vol. 31, n. 2, p. 257-268. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832007000200008>
- Lorenzi, H. (2002) – Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. 2ª ed. Nova Odessa, Plantarum, 368 p.
- Malavolta, E.; Vitti, G.C. e Oliveira, S.A. (1997) – *Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações*. 2ª ed. Piracicaba, Potafós, 319 p.
- Moreira, F.M.S. e Siqueira, J.O. (2006) – *Microbiologia e bioquímica do solo*. 2ª ed. atualizada e ampliada. Larvas, UFLA, 729 p.
- Plenchette, C.; Fortin, J.A. e Furlan, V. (1983) – Growth responses of several plant species to mycorrhizae in a soil of moderate P-fertility. *Plant and Soil*, vol. 70, n. 2, p. 199-209. <http://dx.doi.org/10.1007/BF02374781>
- Sawyer, N.A.; Chambers, S.M. e Cairney, J.W.G. (2003) – Utilisation of inorganic and organic phosphorus sources by isolates of *Amanita muscaria* and *amanita* species native to temperate eastern Australia. *Australian Journal of Botany*, vol. 51, n. 2, p. 151-158. <http://dx.doi.org/10.1071/BT02073>
- Schiavo, J.A.; Silva, C.A.; Rosset, J.S.; Secretti, M.L.; Souza, R.A.C. e Cappi, N. (2010) – Composto orgânico e inoculação micorrízica na produção de mudas de pinhão manso. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, vol. 40, n. 3, p. 322-329.
- Siqueira, J.O. e Franco, A.A. (1988) – *Biotecnologia do solo: fundamentos e perspectivas*. Brasília, Ministerio da Educação, 235p.
- Siqueira, J.O.; Soares, C.R.F.S.; dos Santos, J.G.D.; Schneider, J. e Carneiro, M.A.C. (2007) – Micorrizas e degradação do solo: caracterização, efeitos e ação recuperadora. In: Ceretta, C.A; Silva, L.S. & Reichert, J.M. (Eds.) – *Tópicos em ciência do solo*. Viçosa-MG, SBCS, p. 219-306.
- Soares, C.R.F.S.; Siqueira, J.O.; Carvalho, J.G. e Guilherme, L.R.G. (2007) – Nutrição fosfática e micorriza arbuscular na redução da toxicidade de cádmio em *Trema micrantha*. *Revista Árvore*, vol. 31, n. 5, p. 783-792. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622007000500002>
- Soares, C.R.F.S. e Carneiro, M.A.C. (2010) – Micorrizas arbusculares na recuperação de áreas degradadas. In: Siqueira, J.O.; Souza, F.A.; Cardoso, E.J.B.N. & Tsai, S.M. (Ed.s) – *Micorrizas: 30 anos de pesquisa no Brasil*. Lavras-MG, UFLA, p 441-474.
- Souza, F.A.; Stumer, S.L.; Carrenho, R. e Trufem, S.F.B. (2010) – Classificação e taxonomia de fungos micorrízicos arbusculares e sua diversidade e ocorrência no Brasil. In: Siqueira, J.O.; de Souza, F.A.; Cardoso, E.J.B.N. & Tsai, S.M. (Eds.) – *Micorrizas: 30 anos de pesquisa no Brasil*. Lavras-MG, UFLA, p. 15-73.
- Trimble, M.R. e Knowles, N.R. (1995) – Influence of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi and phosphorus on growth, carbohydrate partitioning and mineral nutrition of greenhouse cucumber (*Cucumis sativus* L.) plants during establishment. *Canadian Journal of Plant Science*, vol. 75, n. 1, p. 239-250. <http://dx.doi.org/10.4141/cjps95-045>