



Revista Brasileira de Ciências Agrárias

ISSN: 1981-1160

editorgeral@agraria.pro.br

Universidade Federal Rural de Pernambuco

Brasil

Carneiro, Romero F. V.; Evangelista, Antônio R.; Ferreira Araújo, Ademir S.  
Crescimento vegetativo e aquisição de nutrientes pela alfafa em resposta à micorriza e doses de  
fósforo

Revista Brasileira de Ciências Agrárias, vol. 4, núm. 3, julio-septiembre, 2009, pp. 267-273  
Universidade Federal Rural de Pernambuco  
Pernambuco, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=119012585006>

- ▶ Como citar este artigo
- ▶ Número completo
- ▶ Mais artigos
- ▶ Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe , Espanha e Portugal  
Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

**AGRÁRIA**  
Revista Brasileira de Ciências Agrárias  
v.4, n.3, p.267-273, jul-set., 2009  
Recife, PE, UFRPE. [www.agraria.ufrpe.br](http://www.agraria.ufrpe.br)  
Protocolo 471 - 14/10/2008 • Aprovado em 11/05/2009

Romero F. V. Carneiro<sup>2</sup>  
Antônio R. Evangelista<sup>3</sup>  
Ademir S. Ferreira Araújo<sup>4</sup>

## Crescimento vegetativo e aquisição de nutrientes pela alfafa em resposta à micorriza e doses de fósforo<sup>1</sup>

### RESUMO

Com o objetivo de avaliar a influência de fungos micorrízicos arbusculares e adubação fosfatada na produção e qualidade da alfafa (*Medicago sativa* L.) cv. Crioula, em solo de baixa fertilidade, foi conduzido um experimento em casa de vegetação. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 5x3, com 5 repetições, sendo 5 doses de P (30, 60, 120, 180 e 240 mg de P/dm<sup>3</sup> de solo) e 3 condições de solo (solo natural, solo fumigado e inoculado com o fungo micorrízico arbuscular (FMA - *Glomus etunicatum*)). As colheitas das plantas foram avaliados a produção de matéria seca da parte aérea, a produção de proteína bruta, as quantidades acumuladas de P, K, Ca, Mg, S; e a taxa de colonização micorrízica. Verificou-se que a interação doses de P x condições de solo, influenciou significativamente todas as variáveis estudadas. A adubação fosfatada incrementou a produção de matéria seca, rendimento da proteína bruta, e as quantidades acumuladas de P, K, Ca, Mg e S, e a taxa de colonização micorrízica. A maior colonização ocorreu no solo fumigado e inoculado com FMA. A taxa de colonização micorrízica diminuiu com o aumento das doses de P, e explicando as diferenças das amplitudes observadas entre os solos fumigado e inoculado. Nas condições do estudo, verificou-se que a alfafa é altamente dependente da condição micotrofica para maximizar sua produção.

**Palavras-chave:** *Medicago sativa* L., fumigação, inoculação, nutrição mineral, simbiose micorrízica.

Vegetative growth and acquisition of nutrients by alfalfa in response to mycorrhizal fungi and phosphorus levels of phosphorus

### ABSTRACT

With the purpose of evaluating the influence of arbuscular mycorrhizal fungi and phosphorus application on the yield and quality of alfalfa (*Medicago sativa* L.) cv. Crioula, in a soil of low fertility, an experiment was conducted under greenhouse conditions. The experimental design was completely randomized, in a 5 x 3 factorial arrangement, with 5 replications, with 5 P doses (30, 60, 120, 180 and 240 mg of P/dm<sup>3</sup> of soil) and 3 soil conditions (natural soil; fumigated soil and inoculated soil with the arbuscular mycorrhizal fungus (AMF - *Glomus etunicatum*)). The production of the aerial part, the yield of crude protein, the accumulated amounts of P, K, Ca, Mg, S, and the mycorrhizal colonization rate was evaluated. It was verified that the interaction between P doses and soil conditions influenced significantly all the studied variables. The phosphate application increased the dry matter production of the aerial part, the yield of crude protein, the amounts of P, K, Ca, Mg and S, and the results were more pronounced in the inoculated soil with AMF. The rates of mycorrhizal colonization decreased with the increase of P doses, explaining the differences in the results observed between fumigated and inoculated soils. In the conditions of this study, it was verified that alfalfa is highly dependent on the mycotrophic condition to maximize its production.

<sup>2</sup>Universidade Federal do Piauí, Campus Bom Jesus, BR 135 Km 03, 64900-000, Bom Jesus/PI. Fone/Fax: (89) 3562-2535. E-mail: romero@ufpi.edu.br

<sup>3</sup>Universidade Federal de Lavras, Campus Universitário, Departamento de Zootecnia, 37200-000, Lavras/MG. Fone: (35) 3829-1241 - Fax: (35) 3829-1231. E-mail: aricardo@ufla.br

<sup>4</sup>Universidade Federal do Piauí, Centro de Ciências Agrárias - Campus da Socopo, 64049-550, Teresina/PI. Fone/Fax: (86) 3215-5743. E-mail:

## INTRODUÇÃO

Em extensas áreas do Brasil, a produtividade e o valor nutricional das forrageiras são baixos em decorrência, principalmente, das condições adversas de clima e solo. A fertilidade do solo, especialmente, a capacidade de fixação de fósforo, toxidez de alumínio e manganês, baixa capacidade de troca cationíca e escassez de nutrientes, concorrem para o baixo rendimento das forrageiras, sendo um problema ainda maior para as leguminosas, como é o caso da alfafa, dificultando uma exploração racional da atividade agropecuária no país (Paulino et al., 1986).

A baixa disponibilidade de fósforo é um dos fatores mais limitantes para o cultivo de pastagens na América Tropical. Cerca de 95% dos solos brasileiros são deficientes em P (Paulino et al., 1992), em consequência do tipo de solo e da baixa mobilidade do íon fosfato, como também da forte energia com que ele é retido pelas partículas do solo e pela pobreza deste elemento nos materiais de origem (Muggler et al., 1996).

Santos et al. (2002) afirmaram que a deficiência de P no solo, além de comprometer o valor nutritivo da forragem, diminui a capacidade de suporte das pastagens, e ainda compromete a maximização da exploração de leguminosas forrageiras, limitando a oportunidade de elevação dos níveis de proteína bruta na dieta animal.

A elevada participação dos fertilizantes no custo total de produção e, principalmente, a baixa eficiência de utilização dos fosfatos, requerem práticas alternativas para tornar o seu uso mais eficiente, visando uma atividade agropecuária mais eficaz no que se refere à diminuição de custos. Dentre essas práticas, destaca-se o manejo da simbiose micorrízica para melhoria da nutrição fosfatada, pois os estímulos ao crescimento das plantas, atribuídos aos fungos micorrízicos arbusculares (FMAs), estão fortemente correlacionados com a maior acumulação de nutrientes de baixa mobilidade, em particular o fósforo (Moreira & Siqueira, 2006). Os vários processos bioquímicos envolvidos nesta relação simbiótica não acrescentam fósforo ao sistema solo-planta, mas podem aumentar o aproveitamento do fósforo do solo e dos fosfatos aplicados como adubos (De-Polli et al., 1988).

Tendo em vista o papel relevante da adubação fosfatada na produção e qualidade das plantas forrageiras e o seu custo relativamente alto para uso, torna-se de suma importância a busca de tecnologias que permitam reduzir o uso do fósforo, mantendo-se o adequado rendimento das forrageiras. Neste contexto, sugerem-se estudos com os fungos micorrízicos arbusculares que, além de potencializarem a absorção de nutrientes pelas forrageiras, são eficientes em condições de baixa disponibilidade de P, situação predominante na maioria dos solos tropicais.

Este trabalho teve como objetivo estudar a influência do

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no período de 1999, em casa de vegetação do Setor de Fertilidade do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras (UFLA) em Lavras - MG. Utilizou-se uma camada superficial (0-20 cm) de um Latossolo Amarelo Distrófico (LE), epiálico, A moderado, textura levesa, fase floresta tropical subperenifólia, relevante do campus da UFLA. Após a coleta, o solo foi peneirada em malha de 2,0 mm e seca a 20 °C. A amostra foi tomada para análises químicas e fisiológicas de Fertilidade e Física do Solo do Departamento de Ciência do Solo da UFLA. Os resultados das análises consistiram em: pH (H<sub>2</sub>O) - 5,0; P (Mehlich 1) - 10 mg dm<sup>-3</sup>; K - 17,0 mg dm<sup>-3</sup>; Ca, Mg, Al e H+Al - 0,2, 0,2, 0,2 e 0,2 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, respectivamente; matéria orgânica - 1,2%; argila, silte e areia - 700, 80 e 220 g kg<sup>-1</sup>, respectivamente; determinados de acordo com a metodologia EMBRAPA (1997). Em seguida, a amostra de solo foi submetida à calagem, pelo método da saturação por água, para elevar o valor V para 80%, utilizando-se calcário calcinado micro pulverizado, com PRNT = 100%, por 20 dias em sacos plásticos antes da semeadura das sementes da forrageira.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, arranjado em esquema fatorial 5 x 3, com 15 tratamentos. Os tratamentos consistiram em cinco doses de P (0, 30, 60, 120, 180 e 240 mg dm<sup>-3</sup>) e três condições de fumigação: fumigado; fumigado e inoculado com o fungo micorrízico arbuscular *Glomus etunicatum* Becker & Gerdemann; e sem fumigação e sem inoculação. As doses de P que variavam de baixo a alto, conforme estudo de Fontes (1994), Moreira (1997) e Yupanqui (1998).

A fumigação da amostra de solo foi realizada com vapor de metila na dose de 1,0 dm<sup>3</sup>.m<sup>-3</sup> de solo por 24 h, dentro de uma caixa de cimento vedada por lona plástica, para aeração e dispersão de fungos micorrízicos nativos.

Utilizaram-se vasos com 5,7 kg de solo para aplicar os tratamentos. Além das doses de P, foi aplicada uma adubação básica de semeadura que constou de 0,5 mg de B, 1,5 mg de Cu, 3,0 mg de Mn, 5,0 mg de Mo por kg de solo. As fontes utilizadas foram: KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, KCl, H<sub>2</sub>MoO<sub>4</sub>, CuCl<sub>2</sub>, MnCl<sub>2</sub>.4H<sub>2</sub>O, ZnSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O, H<sub>2</sub>MoO<sub>4</sub>.H<sub>2</sub>O. A adubação nitrogenada foi realizada em cobertura na forma de amônio (NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>) na dosagem de 20 mg dm<sup>-3</sup>, em aplicações semanais a partir de 75 dias da semeadura.

Após a incubação das amostras de solo por 75 dias, foram usados vasos com P (30, 60, 120, 180 e 240 mg dm<sup>-3</sup>) e sem adubação básica, em umidade próxima da campo, foram realizadas extrações de P (Mehlich 1) e de P (30, 60, 120, 180 e 22 mg dm<sup>-3</sup> de P, respectivamente) e os resultados obtidos foram apresentados na Tabela 1.

## Crescimento vegetativo e aquisição de nutrientes pela alfafa em resposta à micorriza e doses de fósforo

**Tabela 1.** Teores de fósforo no solo, recuperados após aplicação dos tratamentos de adubação fosfatada

**Table 1.** Amounts of soil phosphorus recovered after application of phosphorus fertilizations

Doses	Valores de recuperados (mg/dm <sup>3</sup> )	Interpretação <sup>1</sup>
30	2	Muito Baixo
60	4	Baixo
120	8	Médio
180	18	Muito Bom
240	22	Muito Bom

<sup>1</sup>Para solos com teores de argila acima de 60%, conforme Alvarez et al. (1999)

piente plástico com esse exato volume, totalizando a aplicação de aproximadamente 245 esporos por vaso. O inóculo, da espécie micorrízica *Glomus etunicatum* Becker e Gerd, escolhido por sua efetividade e ocorrência comum na região, foi multiplicado por cinco meses em vasos contendo solo esterilizado, tendo como planta hospedeira a espécie *Brachiaria brizantha*. Posteriormente à emergência das plântulas, foram preparadas soluções com solo natural (solução A) e com o solo inóculo (solução B), obtidas por suspensão de 10 cm<sup>3</sup> de solo em seis litros de água, seguida por tamisação em peneiras com aberturas de 0,710 e 0,053 mm e filtragem em papel de filtro para eliminação de propágulos, com objetivo de equilibrar a microbiota entre os tratamentos. A solução A foi aplicada nos tratamentos com solo desinfestado e solo desinfestado e inoculado. A solução B foi aplicada nos tratamentos com solo natural e solo desinfestado.

As sementes da alfafa também foram previamente inoculadas com o *Rhizobium meliloti*, estirpe Br 7407, nas seguintes proporções de mistura: 1,5 g de turfa estéril, 0,5 mL de meio contendo o inóculo, 2,0 mL de água, misturando-se em 50 g de semente. Ambos os inoculantes, de micorriza e de rizóbio, foram cedidos pelo setor de Microbiologia do Solo do Departamento de Ciência do Solo da UFLA.

A semeadura foi efetuada em 9 de abril de 1999, utilizando-se 20 sementes de alfafa (*Medicago sativa* L. cv. Crioula) por vaso, sendo mantida a umidade nos vasos em 60% do volume total de poros (VTP), com uso de água desmineralizada, através de pesagens. Após 15 dias da emergência, procedeu-se o desbaste deixando-se cinco plântulas por vaso. A cultivar Crioula foi utilizada nesse estudo devido a sua boa adaptação às condições edafoclimáticas da Região Sul de Minas Gerais (Evangelista et al., 1997).

Decorridos 70 dias a partir da semeadura, procedeu-se à análise das formas de nitrogênio disponíveis no solo, comparando-se a fração de solo que sofreu o processo de fumigação com o solo natural. Sub-amostras de 10 mL de solo coletadas a uma profundidade de 10 cm no vaso, foram agrupadas em uma amostra composta representativa de cada condição de solo (Tabela 2).

Os cortes da forragem foram realizados a 10 cm do solo, sempre quando as plantas atingiam 20% de florescimento, totalizando-se três cortes. O material colhido foi acondicionado

**Tabela 2.** Nitrogênio mineral no solo 70 dias após a semente

**Table 2.** Mineral nitrogen in the soil 70 days after seeding<sup>1</sup>

Condições de solo	N - Mineral (mg)
	N - NH <sub>4</sub>
Solo natural	13
Solo fumigado	13

<sup>1</sup>Análise realizada no Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas do DCS - UFLA, descrita por Tedesco et al. (1995)

todologia de Horwitz (1975). Posteriormente, este solo foi moido e armazenado em frascos devidamente etiquetados. A determinação do rendimento de proteína bruta, de Kjeldahl, e dos teores de P, K, Ca, Mg e S foi realizada de acordo com a descrição por Malavolta et al., (1989). Avaliou-se a produtividade através do somatório dos rendimentos dos cultivos obtidos por cada tratamento, no período experimental. Os resultados foram obtidos através do produto, em gramas, da matéria seca pelo teor do nutriente.

A produção de matéria seca da parte aérea, a proteína bruta, conteúdos de P, K, Ca, Mg, S e teores de nutrientes e micorrização micorrízica foram submetidos à análise de regressão, utilizando-se o software Sisvar (Ferraz, 1997). Foram ajustadas equações de regressão para as variáveis mencionadas em função das doses de fósforo.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verificou-se efeito interativo significativo entre as doses de P e as condições de solo para a produção de matéria seca da parte aérea (PMSPA) da alfafa, e a resposta ao P aplicado foi dependente da condição biológica imposta.

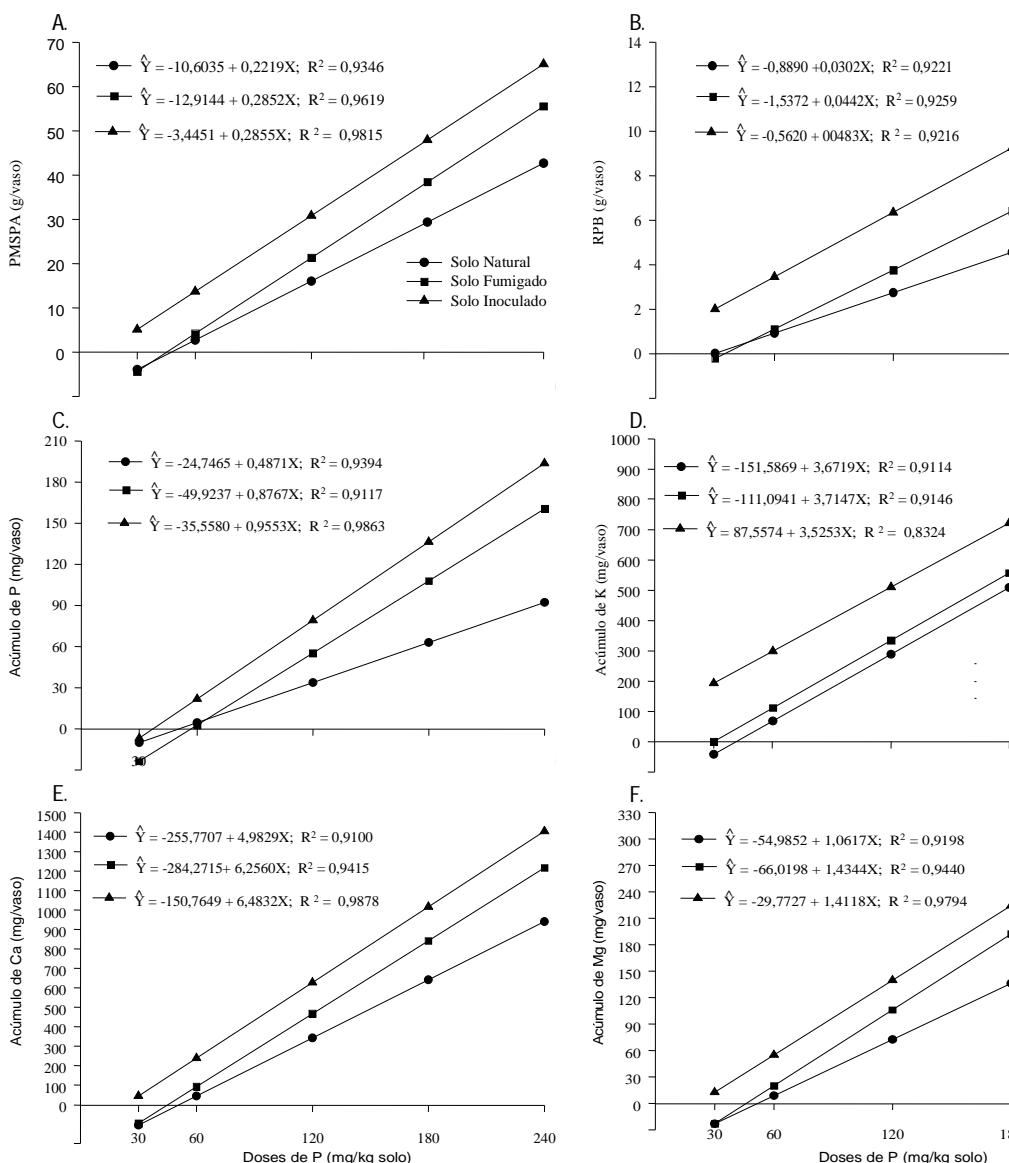
Com o estudo do desdobramento da interação entre as doses de P e as condições de solo (Tabela 3), observou-se que a PMSPA aumentou linearmente com a dose de P, para o intervalo estudado (Figura 1a). Com exceção das médias de PMSPA promovidas pelos solos inoculados dentro das diferentes doses estudadas, obteve-se que a inoculação micorrízica promoveu aumentos, em média, de 9,6, 11,9, 2,4, 1,09 e 1,15 vezes, respectivamente, para as doses de 30, 60, 120, 180 e 240 mg de P, apesar dos coeficientes angulares das equações apresentarem valores muito próximos (Figura 1b).

Esses resultados demonstraram que a inoculação com fungo *Glomus etunicatum* promoveu incrementos significativos na PMSPA.

**Tabela 3.** Produção de matéria seca da parte aérea (g vasos<sup>-1</sup>) em diferentes condições de solo e doses de fósforo

**Table 3.** Production of shoot dry matter (g pot<sup>-1</sup>) of alfalfa, under different conditions and phosphorus levels

Doses de P (mg.kg <sup>-1</sup> de solo)	Condições de solo		
	Natural	Fumigado	Inoculado
30	0,26	0,39	0,39
60	0,30	0,45	0,45
120	0,35	0,50	0,50
180	0,40	0,55	0,55
240	0,45	0,60	0,60



**Figura 1.** Produção de matéria seca da parte aérea (PMSPA) (a), rendimento de proteína bruta (b), acúmulo de fósforo (c), acúmulo de potássio (d), acúmulo de cálcio (e) e acúmulo de magnésio (f) da alfafa, cultivada sob diferentes condições microbiológicas de solo, em função das doses de fósforo a

**Figure 1. Production of dry matter of the shoot (PMSPA) (a), average yield of crude protein (b), phosphorus accumulation (c), potassium accumulation (d), calcium accumulation (e) and magnesium accumulation (f) of the alfalfa, cultivated under different soil microbiology conditions, in function of phosphorus doses.**

mento da alfafa em todas as doses estudadas, sendo os maiores efeitos observados nas doses intermediárias de P, ou seja, teores de P variando de baixo a médio. Os resultados relacionam-se àqueles encontrados por Goicoechea et al. (1996),

como é a associação micorrízica. Paulino et al. (1998) verificaram este fato estudando a micorrização na forrageira centrosema, soja perene, siratro e gergelim. Gómez et al. (2000) e Santos et al. (2002) confirmaram

o mamoeiro, aumentos médios superiores nas variáveis de crescimento, conforme a adição de fósforo, em plantas inoculadas com FMA em relação às não inoculadas até a dose de 240 mg kg<sup>-1</sup> de P, em solo de textura média. Percebe-se, portanto, a influência da textura do solo na interação doses de P x inoculação micorrízica.

Apesar da redução do efeito da micorrização com o aumento das doses de fósforo, fato confirmado pelas taxas de colonização micorrízica (Figura 2b), pode-se supor que a alta capacidade de fixação de P do solo utilizado no estudo, permita respostas à inoculação micorrízica associada a níveis elevados de adubação fosfatada, pois as doses utilizadas proporcionaram níveis de disponibilidade de fósforo até  $22 \text{ mg dm}^{-3}$  (Tabela 1), sendo este superior aos níveis atualmente recomendados para a alfafa, cujos valores baseiam-se na elevação do teor de P disponível para  $15 \text{ mg dm}^{-3}$  (Keplin, 1994).

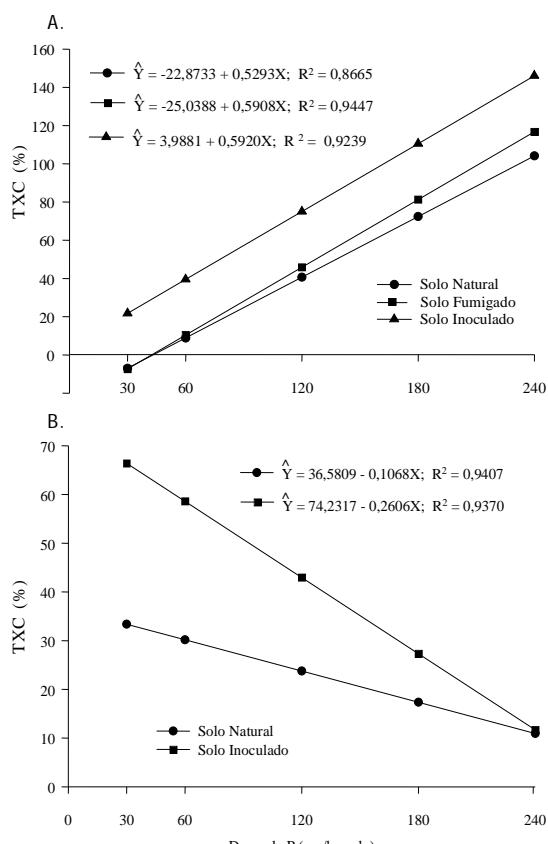
Malavolta et al. (1974) afirmaram que as respostas das plantas à adubação fosfatada para um pleno crescimento são

variadas em função das condições físico-químicas que determinam diferentes capacidades de solubilização do solo, até mesmo entre solos de mesma textura. Moreira (1997), estudando o efeito de doses de P sobre o crescimento da alfafa em casa de 20 mg dm<sup>-3</sup> disponível, usando extrator Mehlich-argiloso), encontrou produção máxima de matéria seca de 197,5 mg de P kg<sup>-1</sup> de solo, e o comportamento crito por um modelo quadrático.

Também em casa de vegetação, Yupanqui (1990) determinou os níveis críticos de P para se obter 90% da produtividade da alfafa em diferentes solos, observou que, comparado com características físico-químicas semelhantes ao solo do presente estudo, valores de 18,4 a 22,4 mg de P kg<sup>-1</sup> (Mehlich 1) como sendo níveis adequados de disponibilidade para a cultura. Esses valores corresponderam a 250,1 a 265,8 mg de P kg<sup>-1</sup> de solo. Numa condição de disponibilidade de fósforo, tomando-se como referência dose 120 mg kg<sup>-1</sup> de solo (8 mg dm<sup>-3</sup> de P disponível no presente estudo), a micorrização promoveu, no presente estudo, um incremento de PMSPA da ordem de 20% em relação ao solo fumigado.

Considerando que 90% das análises de solo velam teores de fósforo inferiores a  $10 \text{ mg dm}^{-3}$  (Oliveira et al., 1999), pode-se inferir que a micorrização sobre a alfafa pode ter efeitos expressivos sobre o rendimento da cultura tropical, viabilizar sobremaneira o seu estabelecimento, produção e qualidade da forragem promovidos pelo uso da fertilidade mineral (Silveira et al., 1999).

Observou-se, ainda, contribuição positiva dos fungos micorrízicos nativos (solo natural) solo fumigado, nas doses 30 e 60 mg de P kg<sup>-1</sup>, ordem de 2,0 e 1,34 vezes, respectivamente, terem sido apontadas diferenças significativas entre as doses, verificou-se superioridade para os solos fumigados no processo de fumigação, contrariando, em parte, os resultados obtidos por Souza et al. (2000), que estudaram plantas em solo natural, fumigado e fumigado com diferentes níveis de adubação fosfatada, observando que, no solo natural, a leguminosa mostrou resposta maior à produção de matéria seca entre os solos infestados com nemátodos, apenas fumigado. Provavelmente, a liberação de particular do nitrogênio na forma de nitrato durante a fumigação (Tabela 2), tenha favorecido as plantas nos solos que sofreram esse tratamento. Salienta-se a possibilidade de eliminação de patógenos de sementes com fumigação, o que não ocorreria naturalmente, permitindo a proliferação desses patógenos e incremento da alfafa neste tratamento. Minhonni & Gómez (1999) relataram que a prática da fumigação de substrato de adubação de mudas em viveiros, com brometo de sódio, é uma das principais práticas para o controle de patógenos e sementes de plantas daninhas.



**Figura 2.** Acúmulo de enxofre (a) na matéria seca da parte aérea e taxa de colonização micorrízica da alfafa (b) cultivada sob diferentes condições de solo, em função das doses de fósforo aplicadas.

fumigação (Tabela 2). Esses autores comentaram ainda, que entre a fase inicial de germinação e a efetivação do processo simbótico, a alfafa necessita de uma fonte de nitrogênio para sua manutenção em função da baixa quantidade de reservas da semente.

Supõe-se que as variações encontradas nas concentrações de N-NO<sub>3</sub> associado à possibilidade de presença de patógenos no solo não fumigado, tenham proporcionado comportamento diferenciado do solo natural quanto à produção de matéria seca, quando comparados aos demais solos, mascarando a contribuição dos fungos micorrízicos nativos. E dessa forma contrapondo-se aos resultados de Carneiro et al. (2007), que avaliaram a micorrização sobre o capim andropogon (com resposta intermediária para o solo natural) e aos de Souza et al. (2000) estudando a micorrização sobre o estilosantes (também com resposta intermediária para o solo natural).

Para o rendimento de proteína bruta (RPB) da alfafa verificou-se resposta significativa da interação doses de P x Condições microbiológicas do solo ( $P < 0,05$ ) (Figura 1b). Destaca-se que tanto o RPB como o acúmulo dos demais nutrientes demonstrados a seguir seguiram o mesmo modelo linear encontrado para a produção de matéria seca da parte aérea, com valores de coeficiente de determinação próximos a 90% ( $R^2$  apresentados após as equações nas Figuras 1 e 2). Carneiro et al. (2007) também encontraram maiores quantidades acumuladas de N, P, K, Ca, Mg e S na matéria seca do estilosantes em resposta ao P, quando inoculado com o fungo micorrízico *Glomus clarum*.

Comparando-se as médias de RPB promovidas pelos solos inoculado e fumigado dentro das diferentes doses estudadas, em termos absolutos, observou-se que a influência da inoculação micorrízica promoveu aumentos de rendimento equivalente a 8,9 vezes para a dose 30 mg de P; 12,1 vezes para a dose 60 mg de P; 2,2 vezes para a dose 120 mg de P; 1,14 vezes para a dose 180 mg de P e 1,41 vezes para dose 240 mg de P kg<sup>-1</sup> de solo, apesar dos coeficientes angulares das equações entre inoculado e fumigado apresentarem valores próximos (Figura 1b).

Follett & Wilkinson (1995) afirmaram que as associações micorrízicas com leguminosas em solos com alto teor de P têm aumentado a nodulação e fixação de N<sub>2</sub>, e para as plantas não inoculadas observaram decréscimo acentuado no conteúdo de nitrogênio em relação às plantas micorrizadas. Trabalhos realizados por Barea & Ázcon-Aguilar (1983), James et al. (1995), Goicoechea et al. (1996), Moreira (1997) e Yupanqui (1997), relataram que a dupla associação, *Rhizobium* - Fungo micorrízico, aumentou significativamente o crescimento, nodulação, produção de matéria seca, bem como os teores de N e P da planta. Fato confirmado no estudo em questão para a cultura da alfafa, verificando-se para o solo inoculado rendimentos superiores aos demais.

Observou-se resposta significativa da interação P x condi-

cida quanto à resposta ao fósforo para o acúmulos mencionados.

Analizando-se o desdobramento, constatou-se diferença em acúmulo dos nutrientes na matéria seca produzida, no solo inoculado com FMA em relação ao fumigado. Foram verificados menores acúmulos dos nutrientes nas plantas cultivadas em solo natural, em função do menor crescimento verificado nesta condição, fato que pode expressar a influência da população nativa de fungos micorrízicos na condição de solo. Na Figura 2 (b), observam-se diferenças de colonização radicular para o tratamento com *Glomus etunicatum* em relação aos fungos micorrízicos nativos, espécie também obteve melhor desempenho em comparação com os nativos nos resultados de Souza et al. (2000) e Santos et al. (2002).

No entanto, pelos valores dos coeficientes angulares das equações observou-se maior sensibilidade da taxa de colonização com o aumento das doses de *Glomus etunicatum*, comparado aos fungos nativos.

Para os nutrientes estudados, foi observado que com o aumento das doses de adubação fosfatada, os efeitos da inoculação micorrízica tenderam a diminuir, fato que foi confirmado na produção de matéria seca da parte aérea, fato também foi confirmado por Goicoechea (1996), James et al. (2000) e Santos et al. (2002), estudando micorriza de P, respectivamente nas leguminosas, alfafa, soja e amendoim forrageiro, o que se relaciona ao crescimento da taxa de colonização das raízes. No entanto, no presente estudo, maiores acúmulos em todos os nutrientes, P, nas plantas cultivadas em solo inoculado com *Glomus etunicatum* em relação ao fumigado não inoculado.

## CONCLUSÕES

A adubação fosfatada e a inoculação micorrízica influenciam positivamente a produção de matéria seca e o rendimento de proteína bruta da alfafa.

O incremento nas doses de adubação fosfatada e a inoculação micorrízica influenciam positivamente os teores de K, Ca, Mg e S na forragem da alfafa.

Para o Latossolo Vermelho Escuro Distrófico, verificou-se resposta significativa da micorrização da medida da alfafa, até mesmo em altas doses de adubação fosfatada, o que sugere alta aplicabilidade da micorrízica neste tipo de solo.

## LITERATURA CITADA

- Alvarez, V.H.V., Novais, R.F., Barros, N.F., Cantanhede, A. S. Interpretação dos resultados das análises. In: Ribeiro, A.C., Guimarães, P.T.G., Álvares, Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes Gerais: 5<sup>a</sup>. Aproximação. Viçosa: Companhia de Desenvolvimento Econômico de Minas Gerais, 1996.

## Crescimento vegetativo e aquisição de nutrientes pela alfafa em resposta à micorriza e doses de fósforo

- Barea, J.M., Ázcon-Aguilar, C., Azcon, R. Effect de la interacción de fertilizantes solubles de P y micorrizas sobre la nodulación, micorrización y nutrición de la alfalfa. (*Medicago sativa L.*). Ciéncia de Suelo, v. 1, n. 1, p. 39-43, 1983.
- Carneiro, R.F.V., Martins, M.A., Freitas, M.S.M., Detmann, E., Vasquez, H.M. Inoculação micorrízica arbuscular e doses de fósforo na produção do capim-andropogon, em substrato não estéril. Revista Brasileira de Ciências Agrárias, v.2, n.3, p.212-218, 2007.
- De-Polli, H.; Franco, A.A.; Almeida, D.L.; Duque, F.F.; Monteiro, E.M. da; Döbereiner, J. A biologia do solo na agricultura. Rio de Janeiro : Embrapa-UAPNPBS, 1988. 48p. (Embrapa-UAPNPBS. Documentos, 5).
- Embrapa. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação do Solo: Manual de métodos de análise de solo. 4. ed. Rio de Janeiro: Embrapa, 1997. 212 p.
- Evangelista, A.R., Moulin, A.F.V., Gonçalves, F.G. Avaliação de 34 cultivares de alfafa para o Sul de Minas Gerais. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 34, Juiz de Fora, 1997. Anais... Juiz de Fora: SBZ, 1997. p.145.
- Faqin, V. Nutrição Mineral de Plantas. Lavras: ESAL/FAEPE, 1994. 227p.
- Ferreira, D.F. Sistema de análise estatística para dados balanceados. Lavras: UFLA/DEX/SISVAR, 1998. 212p.
- Follet, R. F., Wilkinson, S. R. Nutrient management of forages. In: Barnes, R. F., Miller, D. A.; Nelson, C. J. (Ed.) Forages: the science of grassland agriculture. 5 ed. Ames, IA-USA: IA State University Press, 1995. p.55-82.
- Fontes, P. C. R.. Fertilização da cultura da alfafa. In: Botrel, M. A., Alvim, M. J., Passos, L. P. P., Vilela, D. (ed.) Workshop sobre potencial forrageiro da alfafa (*Medicago sativa*) nos trópicos. Juiz de Fora: EMBRAPA, 1994. p. 13-22.
- Goiocochea, N., Antolin, M.C., Strnad, M.. Root cytokinins, acid phosphatase and nodule activity in drought stressed mycorrhizal or nitrogen fixing alfalfa plants. Journal of Experimental Botany, v.47, n. 298, p.683-686, 1996.
- Horwitz, W.. Official methods of analysis of the association of tropical analytical chemistry. Washington: A. O. A. C., 1975. 1094p.
- James, D.W., Hurst, C.J., Tindall, T.A. Alfalfa cultivar response to phosphorus and potassium deficiency: biomass. Journal of Plant Nutrition, v.18, n. 11, p. 2447-2464, 1995.
- Keplin, L. S. A. Metodologia de estabelecimento e avaliação de alfafa sob condições de corte. In: Botrel, M.A., Alvim, M.J., Passos, L.P.P., Vilela, D. (ed.) Workshop sobre potencial forrageiro da alfafa (*Medicago sativa L.*) nos trópicos. Juiz de Fora: Embrapa, 1994. p. 29-36.
- Malavolta, E., Haag, H.P., Mello, F.A.F. Nutrição mineral e adubação de plantas cultivadas. São Paulo: Pioneira, 1974. 727p.
- Malavolta, E., Vitti, G.C., Oliveira, S.A. Avaliação nutricional das plantas: princípios e aplicação. POTAFO, 1989. 210p.
- Minhonni, M.T.A.; Auler, P.A.M. Efeito do fósforo do substrato e fungo micorrízico arbuscular no crescimento de plantas de mamoeiro. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.27, n.5, p.841-847, 2003.
- Moreira, A. Efeito de fontes e doses de fósforo (*Medicago sativa*) e centrosema (*Centrosema pubescens*) e avaliação de extratores. Piracicaba, SP: Universidade Estadual de São Paulo, 2003. 107 p. Dissertação Mestrado.
- Moreira, F.M.S., Siqueira, J.O. Microbiologia e fisiologia de plantas. Lavras, MG: UFLA, 2006. 626p.
- Muggler, C.C., Curi, N., Silva, M.L.N. Características gerais de ambientes agrícolas nos chapadões da serra, sudeste da Bahia. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.31, n. 2, p.221-232, 1996.
- Oliveira, P. P. A.; Oliveira, W. S.; Tsai, S. M. As bactérias com a microbiota do solo. In: Simpósio sobre o manejo da pastagem, 16, Piracicaba, 1999. Anais... FEALQ, 1999. p.117-132.
- Paulino, V.T., Costa, N.L., Cardelli, M.A. Eficácia de micorrizas vesículo-arbusculares e da adubação orgânica em *Centrosema brasiliianum* (L.) Benth. e suas píctales, v.14, n.3, p.14-17, 1992.
- Paulino, V.T., Ocampo, J.A., Bedmar, E.J. Interactions between rhizobium and mycorrhizal fungi in the symbiosis of leguminous tropical crops cultivated in inert medium. In: Reunião Anual sobre micorrizas, 1, Lavras, 1986. Anais... Lavras, 1986. p.169.
- Rasse, D.P., Smucker, J.M. Tillage effects on soil plant biomass in a corn-alfalfa rotation. Journal of Agricultural and Environmental Quality, v.28, n 6, p.873-880, 1999.
- Santos, I. P. A., Pinto, J. C., Siqueira, J. O., Moreira, F. M. S., Moraes, C. L. Influência do fósforo, micorriza e adubação no conteúdo de minerais de *Brachiaria brizoides* e *B. picta* consorciados. Revista Brasileira de Zootecnia, v.31, n.2, p.605-616, 2002.
- Souza, R. F., Pinto, J. C., Siqueira, J. O., Curi, N., Moraes, C. L. Influência de micorriza e fósforo sobre o crescimento, matéria seca e qualidade de *A. gayanus* e *S. sudetensis* cultivados em um Latossolo. Pasturas Tropicais, v.25, n.1, p.34-41, 2000.
- Tedesco, M.J., Gianello, C., Bissanic, A. Análise de nutrientes e outros minerais. Porto Alegre: Departamento de Ciências Agrárias - UFRGS, 1995. 147 p.
- Yupanqui, F. F. R. Nutrição fosfatada e fotossíntese simbótico *Medicago sativa* - *Rhizobium*. Belo Horizonte, MG: UFV, 1997. 124p. Tese Doutorado.