

Romero F. V. Carneiro²

Marco A. Martins³

Marta S. M. Freitas⁴

Edenio Detmann⁵

Hernan M. Vásquez⁶

Inoculação micorrízica arbuscular e doses de fósforo na produção do capim-andropogon, em substrato não estéril

RESUMO

Com o objetivo de avaliar a influência de fungos micorrízicos arbusculares e da adubação fosfatada na produção e qualidade da forragem do capim andropogon (*Andropogon gayanus* cv. planaltina), em solo de baixa fertilidade natural, um experimento foi conduzido em casa de vegetação. O delineamento utilizado foi em blocos casualizados, em esquema fatorial 4x3, sendo quatro doses de P (0, 60, 120, e 240 mg de P dm⁻³ de solo) e três tratamentos microbiológicos (controle sem inoculação; solo inoculado com FMA-*Glomus clarum*, e solo reinoculado com FMA - nativos), com três repetições. As variáveis analisadas foram produção de matéria seca da parte aérea (MS) e raiz (MSR); quantidades acumuladas de proteína bruta (PB), P, K, Ca, Mg, S; taxa de colonização micorrízica e densidade de esporos. Os resultados demonstraram que o aumento das doses de P promoveu incrementos significativos nas produções de MS e MSR e no acúmulo dos nutrientes citados. Esses resultados foram maximizados pela presença da inoculação micorrízica, com destaque para a espécie *Glomus clarum*, para as variáveis MS, P, K, Ca e Mg. A taxa de colonização micorrízica e a densidade de esporos decresceram com o aumento das doses de P e não foram influenciados pelos tratamentos microbiológicos.

Palavras-chave: *Glomus clarum*, inoculo nativo, nutrição mineral, simbiose

Arbuscular mycorrhizal inoculation and phosphorus levels in the production of andropogon-grass, in non sterile substratum

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the influence of arbuscular mycorrhizal fungi and phosphorus fertilization in the production and quality of the forage of the grass *Andropogon gayanus* cv. planaltina, in soil of low natural fertility. The experiment was carried out in greenhouse conditions and the experimental design was set up in randomized blocks, with a 4x3 factorial scheme, involving four levels of P (0, 60, 120, and 240 mg P dm⁻³ of soil), three microbiology treatments (soil without inoculation; soil inoculated with FMA-*Glomus clarum*, and soil inoculated with FMA - native), and three replications. The evaluated variables were the productions of shoot (DMS) and root (DMR) dry matter; the accumulated amounts of PB, P, K, Ca, Mg, S; the percentage of mycorrhizal colonization and the density of spores in the soil. The results demonstrated that the increase in the levels of P promoted significant increments in the production of DMS and DMR, and accumulation of the mentioned nutrients. These results were maximized by the presence of the mycorrhizal inoculation, with prominence for the species *Glomus clarum* to variables DMS, P, K, Ca e Mg. The percentage of mycorrhizal colonization and density of spores in the soil decreased with the increase in the P levels, and were not influenced by the microbiological treatments.

Key words: *Glomus clarum*, mineral nutrition, native inoculum, symbiosis

² Professor-DSc., (UFPI) (Forragicultura e Microbiologia do Solo), campus prof^o. Cinobelina Elvas-Bom Jesus/PI, BR 135 km 3 Planalto Horizonte, CEP 64900-000. romero@ufpi.br

³ Professor-PhD, UENF/CCTA (Microbiologia do solo), Bolsista do CNPq, marco@uenf.br

⁴ DSc., UENF/CCTA (Nutrição mineral de plantas), Bolsista do CNPq, msimone@uenf.br

⁵ Professor-DSc., DZO/UFV, detmann@ufv.br

⁶ Professor-DSc., UENF/CCTA (Forragicultura), maldonado@uenf.br

INTRODUÇÃO

Em extensas áreas do Brasil a produtividade e o valor nutricional das forrageiras são baixos, principalmente em decorrência de condições climáticas e edáficas adversas. A baixa fertilidade do solo, aliada à toxidez de alumínio e manganês, baixa capacidade de troca catiônica e escassez de nutrientes, concorrem para o baixo rendimento das forrageiras, dificultando uma exploração racional e econômica da agropecuária no País (Zimmer & Euclides, 2000).

Além desses, a baixa disponibilidade de fósforo é um dos fatores mais limitantes ao cultivo das pastagens na América Tropical. Cerca de 95% dos solos brasileiros são deficientes em P (Paulino et al., 1992) em consequência do tipo de solo, baixa mobilidade do íon fosfato e forte energia com que o mesmo é retido pela fração sólida do solo.

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, comprometendo a maximização da exploração pecuária nos trópicos.

A elevada participação dos fertilizantes no custo total de produção associada à baixa eficiência da aplicação dos fosfatos, torna notória necessidade de se buscar alternativas sustentáveis visando tornar a atividade agropecuária mais eficaz, no que se refere à diminuição de custos.

Dentre essas práticas se destaca 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).

Em situações nas quais o potencial dos inóculos micorrízicos nativos é pequeno ou ineficiente, a adição do fungo apropriado para a planta hospedeira e adaptado às condições ambientais, pode proporcionar consideráveis ganhos ao sistema produtivo. No início dos anos 80 a grande resposta no crescimento das plantas inoculadas com fungos micorrízicos, verificada em solos pouco férteis, levou diversos estudiosos a recomendarem a inoculação como um biofertilizante (Siqueira, 1993).

Considerando o cenário das pastagens nos trópicos, Zimmer & Euclides (2000) destacaram o seu estado de degradação no Brasil e levantaram a que, tese dos cem de milhões de hectares de pastagens cultivadas, um terço se encontrava degradado, um terço em degradação e apenas um terço poderia ser classificado como razoável ou boa; assim, se for recomendada a reposição dos nutrientes necessários para essas áreas, não restariam fertilizantes suficientes a serem utilizados nas demais culturas de interesse econômico; acredita-se, então, no papel das micorrizas sobre a nutrição mineral das plantas forrageiras, com consequências significativas na produtividade e com reposições mínimas de nutrientes.

Neste contexto, Sieverding (1991) sugeriu que estudos com os fungos micorrízicos arbusculares fossem conduzidos em condições microbiológicas naturais (substrato não estéril), visando avaliar o potencial competitivo e adaptativo de espécies fúngicas em ambientes específicos.

Propôs-se, com este trabalho, estudar a influência dos fungos micorrízicos arbusculares e da adubação fosfatada sobre a produção e acúmulo de nutrientes pelo capim andropogon, cultivado em solo de baixa fertilidade e em condição não estéril.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense (UENF), no período de novembro de 2002 a fevereiro de 2003. Utilizou-se uma amostra da camada superficial (0-20 cm) de um Latossolo Amarelo Distrófico Típico (LVd).

Após a coleta, a amostra do solo foi peneirada em malha de 2,0 mm e secada ao ar; uma sub-amostra foi tomada para análises físico-químicas, cujos resultados foram: pH em água - 5,3; P (Mehlich 1) 4,0 mg dm⁻³; K - 60,0 mg dm⁻³; Ca, Mg, Al, H+Al e Na - 1,6, 0,6, 0,2, 3,5 e 0,03 cmol_c.dm⁻³, respectivamente; matéria orgânica - 17,9 g dm⁻³; argila, silte e areia - 32, 8 e 60%, respectivamente.

A densidade média de esporos de FMA (a partir de 20 amostras ao acaso após peneiramento) foi de 24 esporos em 65 g de solo. Para a quantificação dos esporos no solo as amostras contendo 65 g de solo foram submetidas ao método de decantação e peneiramento úmido, segundo Gerdemann & Nicolson (1963), seguida de centrifugação em água, por três minutos, e em sacarose 50% durante dois minutos, efetuando-se a contagem com auxílio de microscópio; em seguida, a amostra foi submetida à calagem, pelo método da saturação por bases para se elevar o valor V para 60% (equivalendo à dose de 2 t ha⁻¹), utilizando-se o calcário magnesiano comercial, com PRNT = 90%, incubado por 20 dias em sacos plásticos.

Após esse preparo, o solo foi distribuído em vasos plásticos na razão de 6 L. Todo o solo recebeu posteriormente uma adubação básica, baseada em Souza et al. (2000), nas proporções: 30 mg de N, 100 mg de K, 0,5 mg de B, 1,5 mg de Cu, 3,0 mg de Mn, 5,0 mg de Zn e 0,1 mg de Mo por dm³ de solo. As fontes utilizadas foram reagentes P.A.: NH₄SO₄, KH₂PO₄, NaH₂PO₄, K₂SO₄, KCl, H₃PO₄, H₃BO₃, CuCl₂, MnCl₂.4H₂O, ZnSO₄.7H₂O, H₂MoO₄.H₂O. As fontes contendo fósforo foram utilizadas no preparo das soluções de cada nível a ser aplicado como tratamento.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, arranjado em esquema fatorial 4 x 3, com três repetições, sendo os fatores: quatro doses de P (0, 60, 120, e 240 mg de P dm⁻³ de solo) e três condições de solo (controle não inoculado, solo inoculado com o FMA- *Glomus clarum* e solo reinoculado com os FMAs-nativos).

Fez-se a inoculação com o FMA no momento da semeadura, aplicando-se 300 mL (5% do volume do vaso de 6 L) de substrato-inóculo contendo esporos, raízes infectadas e pedaços de hifas, a 5,0 cm de profundidade e abaixo das sementes. O inóculo, da espécie micorrízica *Glomus clarum*, foi escolhido por sua efetividade demonstrada em trabalhos conduzidos na região (Schiavo & Martins, 2002; Rodrigues et al.,

2003). O tratamento controle recebeu 300 mL vaso⁻¹ do mesmo substrato-inóculo, esterilizado em autoclave a 120 °C, durante duas horas, repetindo-se o processo duas vezes.

A contagem de esporos de FMA no substrato-inóculo para os tratamentos *Glomus clarum* e inóculo nativo, foi de 488 e 298 em 65 g, respectivamente.

Soluções foram preparados com os solos inóculo de cada tratamento microbiológico, obtidas de suspensão de 10 cm³ de solo em seis litros de água, seguida por tamisação em peneiras com abertura de 0,710 e 0,053 mm e filtragem em papel de filtro para eliminação de propágulos de FMA, com o objetivo de equilibrar a microbiota entre os solos. Cada tratamento microbiológico recebeu a solução proveniente dos demais.

Efetou-se a semeadura com 20 sementes do capim andropogon (*Andropogon gyanus* L. cv. planaltina) por vaso, deixando-se quatro plantas. A umidade foi mantida através de pesagens diárias dos vasos, amostrando-se aleatoriamente um vaso de cada dose de P definindo-se, a partir daí, as quantidades de água em base de peso, a serem repostas para as diferentes doses de P; este controle da umidade foi realizado com base na manutenção de água em 60% do volume total de poros (VTP), definidos pela equação: $VTP = 1 - D_s D_p^{-1}$ donde, D_s = densidade do solo e D_p = densidade de partículas.

O corte das plantas foi realizado a 10 cm do solo, aos 60 dias após a semeadura. O material colhido foi acondicionado em sacos de papel e secado em estufa com circulação de ar a 65-70°C para obtenção da matéria seca; posteriormente, esse material foi moído e armazenado em frascos devidamente etiquetados para determinação do rendimento de proteína bruta, pelo método de Kjeldahl, e dos teores de P, K, Ca, Mg e S, segundo metodologia descrita por Malavolta et al. (1989).

Retiraram-se amostras de radículas (nas porções superiores, medianas e terminais do sistema radicular) que foram colocadas no conservante álcool 50% para posterior avaliação da colonização micorrízica. No preparo da amostra para esta avaliação se usou o método descrito por Giovannetti & Mosse (1980).

Após a realização da análise de variância procedeu-se ao ajustamento de equações de regressão linear em superfície de resposta, incluindo-se o fator qualitativo tratamentos microbiológicos por intermédio de variáveis Dummy (Draper & Smith, 1996), adotando-se o modelo básico: $Y_i = b_0 + b_1 D_1 + b_2 D_2 + b_3 P_i + b_4 P_i^2 + b_5 D_1 P_i + b_6 D_2 P_i + e_{ij}$; em que: b_0 = intercepto; b_j = coeficientes de regressão, sendo $j = 1, 2, 3, 4, 5, 6$; D_1 e D_2 = variáveis Dummy para o ajustamento com o fator categórico tratamento microbiológico, sendo $D_1 = 0$ e $D_2 = 0$ para o tratamento microbiológico controle; $D_1 = 1$ e $D_2 = 0$ para o tratamento microbiológico *Glomus clarum*, $D_1 = 0$ e $D_2 = 1$ para o tratamento microbiológico Inóculo nativo; P_i = nível de adubação fosfatada e e_{ij} = erro aleatório, associada a cada observação, pressuposto NID (0, σ^2).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Avaliando-se a produção de matéria seca da parte aérea (MS), constatou-se efeito de doses de P e tratamentos microbiológicos ($P < 0,05$) com independência entre os fatores (Tabela 1) seguindo-se o modelo quadrático (Figura 1A). Estimou-se a necessidade da aplicação de 145,0 mg dm⁻³ de P para alcançar uma produção máxima de 21,2 g vaso⁻¹ de MS no tratamento microbiológico controle. Independentemente da dose de P aplicada, a inoculação com *Glomus clarum* e a com inóculo nativo promoveram incrementos na produção em 2,1 e 1,2 g vaso⁻¹ de MS; e 9,8 e 5,7% a mais, na dose de máxima produção de MS, respectivamente.

Tabela 1. Níveis descritivos de probabilidade associados ao erro tipo I (valor P) e coeficientes de variação (CV) para as variáveis matéria seca da parte aérea (MS), matéria seca do sistema radicular (MSR), acúmulo de proteína bruta (PB), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S); percentagem de colonização micorrízica (COL) e densidade de esporos (DE) em função dos efeitos de níveis de fósforo (P), tratamentos microbiológicos (TM) e sua interação sobre o andropogon

Table 1. Descriptive levels of probability associated to the error type I (value P) and variation coefficients for the variables dry matter of the shoot (MS), dry matter of the root system (MSR), accumulation of crude protein (PB), phosphorus (P), potassium (K), calcium (Ca), magnesium (Mg), sulfur (S); percentage of mycorrhizal colonization (COL) and density of spores (DE); as a function of the effects of phosphorus (P) levels, microbiology treatments (TM) and its interaction on the andropogon

Variáveis	Valor P			CV (%)
	P	TM	P x TM	
MS	< 0,0001	0,0068	0,4111	8,95
MSR	0,0005	0,1152	0,1523	23,50
PB	< 0,0001	0,7475	0,0568	12,45
P	< 0,0001	0,0080	0,1224	9,81
K	< 0,0001	0,0017	0,1126	9,72
Ca	< 0,0001	0,0044	0,3846	12,53
Mg	< 0,0001	0,0434	0,9850	13,62
S	< 0,0001	0,1134	0,8311	22,54
COL	0,0002	0,8079	0,9824	34,60
DE	< 0,0001	0,7868	0,9852	55,72

Observou-se, para a produção de matéria seca do sistema radicular (MSR) e acúmulo de proteína bruta (PB) (Tabela 1), efeito apenas das doses de P ($P < 0,05$), com comportamento quadrático em ambas as variáveis. Para MSR estimou-se a necessidade da aplicação de 147,2 mg dm⁻³ de P para uma produção máxima de 65,2 g vaso⁻¹ (Figura 1B). Para o acúmulo de (PB) estimou-se a necessidade da aplicação de 132,9 mg dm⁻³ de P para alcançar um acúmulo máximo de 1130,9 mg vaso⁻¹ de proteína bruta (Figura 2A).

As quantidades acumuladas de fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg), seguiram comportamento semelhante ao da MS da parte aérea, com efeito para os dois fatores, independência entre os mesmos, descrevendo modelo quadrático (Tabelas 1 e 2). O aumento na população inicial

Tabela 2. Estimativa de parâmetros de regressão e coeficientes de determinação (r^2/R^2) para as variáveis resposta: matéria seca da parte aérea (MS), matéria seca do sistema radicular (MSR), acúmulo de proteína bruta (PB), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S); porcentagem de colonização micorrízica (COL) e densidade de esporos (DE); do andropogon

Table 2. Regression parameters estimate and determination coefficients (r^2/R^2) for the response variable: dry matter of shoot (MS), dry matter of the root system (MSR), accumulation of crude protein (PB), phosphorus (P), potassium (K), calcium (Ca), magnesium (Mg), sulfur (S); percentage of micorrhizal colonization (COL) and density of spores (DE) of andropogon

Variáveis	Estimativas de parâmetros					r^2/R^2
	Intercepto	P	P ²	D ₁	D ₂	
MS	6,4884	0,2030	-0,0007	2,0941	1,2183	0,8484
MSR	39,2284	0,3532	-0,0012	-	-	0,4402
PB	755,5944	5,6600	-0,0213	-	-	0,4841
P	4,9744	0,4420	-0,0011	4,4550	2,9200	0,9675
K	129,3237	2,4157	-0,0083	39,1716	12,1175	0,7968
Ca	16,4573	0,5922	-0,0019	8,7641	5,9758	0,8440
Mg	6,9503	0,3496	-0,0011	3,5791	1,9208	0,8476
S	8,1996	0,0868	-0,0003	-	-	0,5586
COL	79,3333	-0,2053	-	-	-	0,9516
DE	389,3333	-1,3852	-	-	-	0,8462

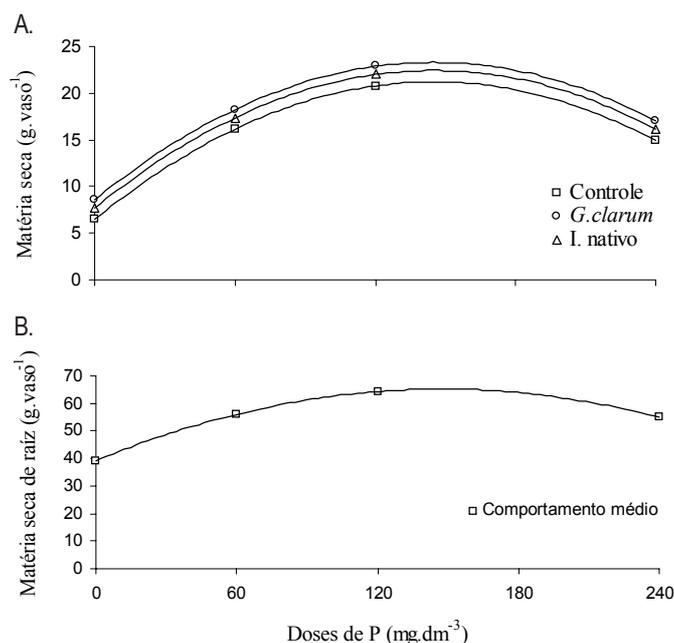


Figura 1. Estimativa da produção de matéria seca da parte aérea (A) e do sistema radicular (B) em g vaso⁻¹ do andropogon em função das doses de fósforo e de tratamentos microbiológicos

Figure 1. Estimate of the production of dry matter of shoot (A) and of the root system (B) in g pot⁻¹ of the andropogon as a function of phosphorus levels and of the microbiological treatments

dos FMAs, *Glomus clarum* e inóculo nativo, parece ter sido condição fundamental para os efeitos desses tratamentos nas variáveis mencionadas.

Estimou-se a necessidade da aplicação de 200,9 mg dm⁻³ de P para alcançar um acúmulo máximo de 49,4 mg vaso⁻¹ de

P no tratamento microbiológico controle. De forma independente à dose de P aplicada, a inoculação com *Glomus clarum* e o inóculo nativo promoveram incrementos na quantidade acumulada de P em 4,95 e 2,92 mg vaso⁻¹; e 8,9 e 5,8% a mais, respectivamente, na dose de máximo acúmulo de P (Figura 2B).

Para o potássio (K) estimou-se a necessidade da aplicação de 145,5 mg dm⁻³ de P para alcançar um acúmulo máximo de 305,1 mg vaso⁻¹ no tratamento microbiológico controle. De forma independente à dose de P aplicada, as inoculações com *Glomus clarum* e inóculo nativo promoveram incrementos na quantidade acumulada de P em 39,2 e 12,1 mg vaso⁻¹ e 12,8 e 3,9% a mais, respectivamente, na dose de máximo acúmulo de K (Figura 2C).

Estimou-se a necessidade da aplicação de 155,8 mg dm⁻³ de P para alcançar um acúmulo máximo de 62,6 mg vaso⁻¹ para o cálcio (Ca) no tratamento microbiológico controle. De forma independente à dose de P aplicada, as inoculações com *Glomus clarum* e inóculo nativo promoveram incrementos na quantidade acumulada de P em 8,7 e 5,9 mg vaso⁻¹ e 14,0 e 9,5% a mais, respectivamente, na dose de máximo acúmulo de Ca (Figura 2D).

Caravaca et al. (2003) encontraram melhores respostas em produção de matéria seca de brotos de espécies arbóreas e acúmulo de N, P, K, Ca e Mg proporcionados pela inoculação com FMA nativos, sendo as plantas avaliadas no campo pelo período de 12 meses após plantio. Feng et al. (2003) verificaram variação, em função do tempo, na habilidade de aquisição de nutrientes pelo micélio externo de diferentes espécies de FMA.

Para o magnésio (Mg) estimou-se a necessidade da aplicação de 158,9 mg dm⁻³ de P para alcançar um acúmulo máximo de 34,7 mg vaso⁻¹ no tratamento microbiológico controle. De forma independente à dose de P aplicada, as inoculações com *Glomus clarum* e inóculo nativo promoveram incrementos na quantidade acumulada de P em 3,6 e 1,9 mg vaso⁻¹ e 10,4 e 5,6% a mais, respectivamente, na dose de máximo acúmulo de Mg (Figura 2E).

Assim como os resultados de Souza et al. (2000), verificou-se para o acúmulo de enxofre (S) na matéria seca da parte aérea, efeito apenas de doses de P ($P < 0,05$). Estimou-se a dose de 144,7 mg dm⁻³ de P para um acúmulo máximo de 14,5 mg vaso⁻¹ (Figura 2F).

Os tratamentos microbiológicos não influenciaram a porcentagem de colonização micorrízica do sistema radicular (COL) ($P > 0,05$), sendo apenas influenciada pelas doses de P ($P < 0,05$) (Tabela 1). Observou-se comportamento linear decrescente, ou seja, um decréscimo linear médio de 0,2053 unidades percentuais para cada mg dm⁻³ de P aplicado ao solo (Figura 3A). É fato bem conhecido o efeito depressor do aumento da disponibilidade de P na colonização micorrízica. Sabe-se ainda que este efeito pode ser variado em função da espécie fúngica (Lima et al., 2007); no entanto, no presente estudo não variou em relação ao controle, pela não esterilização do solo.

Souza et al. (2000) estudando doses de P e inoculação com FMA, sobre as gramíneas andropogon e braquiarião, verificaram efeito significativo dos fatores sobre a produção de MS, tanto no primeiro como no segundo cortes, em solo esterili-

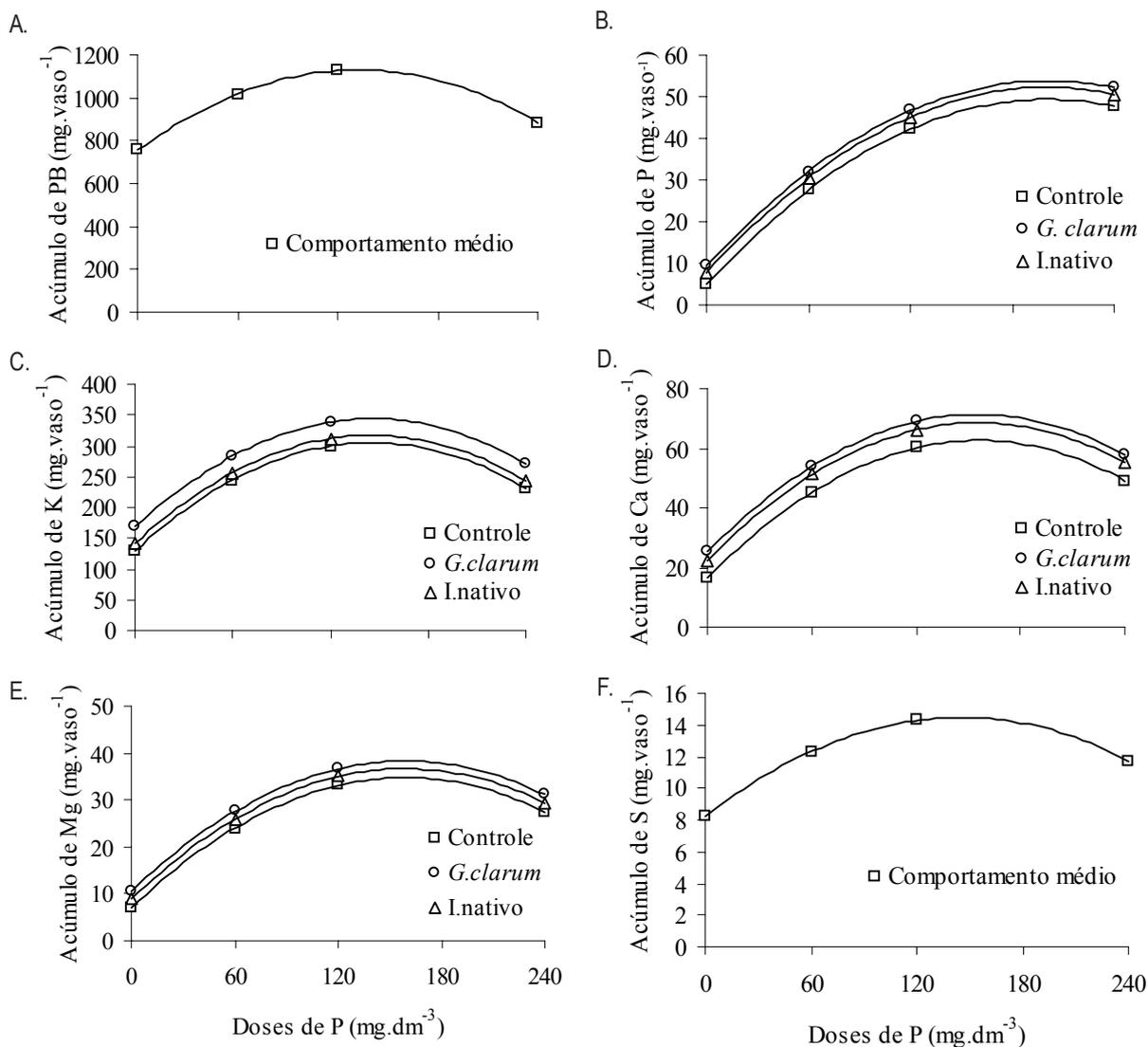


Figura 2. Estimativas das quantidades acumuladas de PB (A), P (B), K (C), Ca (D), Mg (E) e S (F) em mg vaso⁻¹ na matéria seca do capim andropogon em função das doses de fósforo e de acordo com os tratamentos microbiológicos

Figure 2. Estimates of the accumulated amounts of crude protein PB (A), P (B), K (C), Ca (D), Mg (E) and S (F) in mg pot⁻¹ in the dry matter of shoot of grass andropogon as a function of phosphorus levels and of microbiological treatments

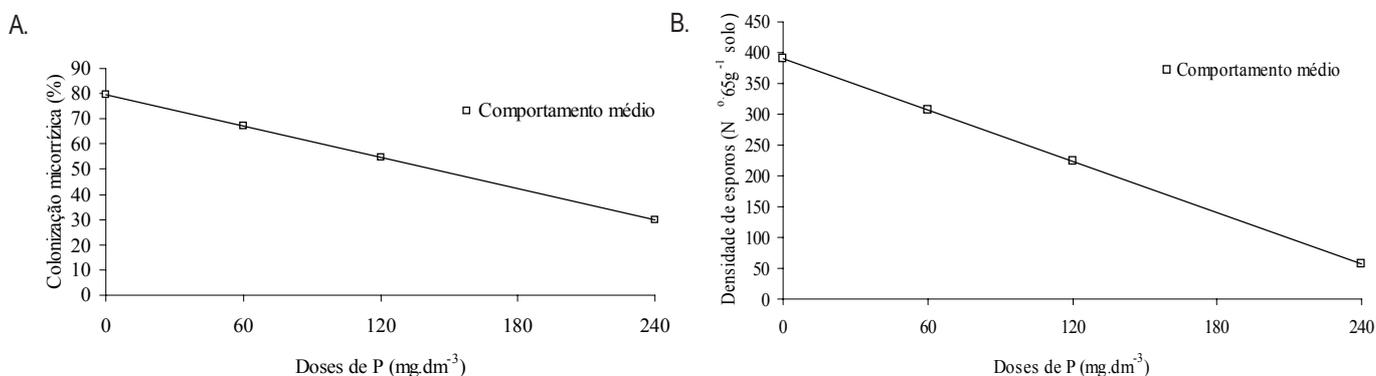


Figura 3. Estimativa da porcentagem de colonização micorrizica do sistema radicular (A) e da densidade de esporos no solo (N^o 65 g⁻¹ de solo) (B) para o capim andropogon, em função das doses de fósforo e de tratamentos microbiológicos

Figure 3. Estimate of the percentage of mycorrhizal colonization of the root system (A) and of the density of spores in the soil (N^o 65 g⁻¹ of soil) (B) for the grass andropogon as a function of the phosphorus levels and of microbiological treatments

zado. No mesmo estudo, os tratamentos microbiológicos apresentaram diferenças quanto à colonização das raízes, ao final do experimento.

Diferente dos autores mencionados, avaliaram-se os efeitos dos FMAs em substrato não esterilizado, fato que reforça a suposição de que os resultados de colonização micorrízica poderiam tender à igualdade, com o tratamento controle, em virtude dos efeitos da população nativa neste tratamento. Corroborando com esta afirmativa, Ying Chu et al. (2001) detectaram, que embora no solo não fumigado a porcentagem de colonização radicular causada por FMAs nativos não se diferenciava daquelas causadas por espécies de FMA introduzidos, o aumento em crescimento das mudas de graviola com a inoculação de fungos introduzidos ainda foi maior, evidenciando o benefício da inoculação, mesmo no solo não fumigado.

Assim como a colonização micorrízica, a densidade de esporos micorrízicos também retratou comportamento semelhante. Verificou-se efeito significativo apenas para doses de P ($P < 0,05$) (Tabela 1), em comportamento linear decrescente, relacionando-se aos resultados de Souza et al. (2000) e Santos et al. (2002). O decréscimo médio foi de 1,3852 esporos para cada mg dm^{-3} de P aplicado ao solo (Tabela 2, Figura 3B).

Pelos resultados encontrados, verificou-se que, em geral, o FMA *Glomus clarum* proporcionou as melhores respostas, tanto em produção vegetal como acúmulo de nutrientes.

A literatura científica é rica em informações conflitantes quanto aos resultados de estudos comparativos de tolerância ou adaptação entre FMA nativos e não nativos. Koomen et al. (1987), em condição experimental semelhante ao presente estudo, concluíram que o inóculo nativo apresentou respostas inferiores ao não nativo, até mesmo quando se cultivava a planta hospedeira no substrato em que aquele foi selecionado.

Wubet et al. (2003) afirmaram que o isolamento de populações de FMA originárias de áreas que apresentam fatores de stresse ao crescimento vegetal, pode proporcionar melhores benefícios às plantas do que populações de FMA isoladas de áreas não adversas. Segundo os autores a melhor espécie de FMA está associada à melhor estratégia de isolamento adotada. Pelos resultados encontrados neste estudo, o fator preponderante no sucesso do isolamento está ligado à quantidade inicial de propágulos em contato com a espécie hospedeira.

Os resultados de Shetty et al. (1995) se relacionam aos autores anteriores. Foram isolados FMA nativo de áreas com excessiva concentração de zinco, verificando-se que quando se aplicavam altas doses de zinco, o FMA nativo apresentava melhores respostas ao crescimento da planta hospedeira, mas entretanto, em baixas doses de Zn, o inóculo não nativo apresentava as melhores respostas.

Destaca-se que, na maioria dos trabalhos que abordaram a influência dos FMAs em culturas onde a propagação se faz através de sementes utilizaram-se substratos esterilizados, em razão da interação FMA-planta hospedeira-ambiente, torna-se difícil inferir sobre qual espécie fúngica se estaria efetiva-

mente contribuindo de maneira mais relevante, nos trabalhos em condições microbiológicas naturais; assim, os dados gerados no estudo em questão têm importância regionalizada e podem contribuir para trabalhos com os quais se vise analisar a ecofisiologia de FMA.

Confirmando a complexidade da simbiose FMA-planta hospedeira, Vasquez et al. (2000) verificaram mudanças na comunidade microbiana em função de diferentes espécies micorrízicas inoculadas. Os autores afirmaram haver uma relação ideal entre FMA-planta hospedeira-comunidade microbiota do solo. Contrapondo tal afirmação, Karasawa et al. (2002) concluíram, em estudo com várias espécies de FMA, que não houve especificidade das espécies para fatores bióticos (espécie vegetal e população microbiana) e, sim, para fatores abióticos.

Moreira & Siqueira (2006), relataram que a ecofisiologia dos FMAs é bastante complexa e ainda pouco compreendida, e as respostas de benefícios às plantas são extremamente regionalizadas e dependentes de condições edafoclimáticas específicas.

CONCLUSÕES

1. A adubação fosfatada, aliada à inoculação micorrízica arbuscular, aumenta significativamente a produção de matéria seca da parte aérea e as quantidades acumuladas de P, K, Ca e Mg pelo capim andropogon.
2. A inoculação com o fungo *Glomus clarum* no estabelecimento do capim andropogon é uma prática promissora, em função do seu alto potencial de competição com a microbiota edáfica nativa.

LITERATURA CITADA

- Caravaca, F., Barea, J.M., Palenzuela, J. et al. Establishment of shrub species in a degraded semiarid site after inoculation with native or allochthonous arbuscular mycorrhizal fungi. *Applied Soil Ecology*, London, v. 22, p.103-111, 2003.
- Draper, N.R., Smith, H. *Applied regression analysis*. New York: John Wiley & Sons, 1996. 407p.
- Feng, G., Song, Y.C., Li, X.L., Christie, P. Contribution of arbuscular mycorrhizal fungi to utilization of organic sources of phosphorus by red clover in a calcareous soil. *Applied Soil Ecology*, London, v. 22, p.139-148, 2003.
- Gerdemann, J.W., Nicolson, T.H. Spores of mycorrhizal *Endogone* species extracted from soil by wet sieving and decanting. *Transactions of the British Mycological Society*, London, v.46, n.1, p.235-246, 1963.
- Giovanetti, M., Mosse, B. An evaluation of techniques to measure vesicular-arbuscular mycorrhizal infection roots. *New Phytologist*, Cambridge, v.84, n.3, p. 489-500, 1980.
- Karasawa, T., Kasahara, Y., Takebe, M. Differences in growth responses of maize to preceding cropping caused by fluctuation in the population of indigenous arbuscular mycorrhizal fungi. *Soil Biology & Biochemistry*, London, v.34, p. 851-857, 2002.

- Koomen, I., Grace, C., Hayman, D.S. Effectiveness of single and multiple mycorrhizal inocula on growth of clover and strawberry plants at two soil pHs. *Soil Biology & Biochemistry*, London, v.19, p. 539–544, 1987.
- Lima, R.L.F.A., Salcedo, I.H., Fraga, V.S. Propágulos de fungos micorrízicos arbusculares em solos deficientes em fósforo sob diferentes usos, da região semi-árida no nordeste do Brasil. *Revista da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.31, p.257-268, 2007.
- Malavolta, E., Vitti, G. C., Oliveira, S. A. Avaliação do estado nutricional das plantas: Princípios e aplicações. Piracicaba: POTAFOS, 1989. 210p.
- Moreira, F.M.S., Siqueira, J.O. Microbiologia e bioquímica do solo. 2 ed. Lavras: Editora UFLA, 2006. v.1. 719p.
- Paulino, V.T., Costa, N.L., Cardelli, M.A. Eficiência de fungos micorrízicos vesículo-arbusculares e da adubação fosfatada em *Centrosema brasilianum* (L.) Benth. *Pasturas Tropicales*, Cali, v.14, n.3, p.14-17, 1992.
- Rodrigues, L. A., Martins, M. A., Salomão, M. S. B. Uso de micorrizas e rizóbio em cultivo consorciado de eucalipto e sesbânia. II Absorção e eficiência de utilização de fósforo e frações fosfatadas. *Revista de Ciência do Solo*. Viçosa, v.27, n.4, p.593 - 599, 2003.
- Santos, Í. P. A., Pinto, J. C., Siqueira, J. O., Morais, A. R., Santos, C. L. Influência do fósforo, micorriza e nitrogênio no conteúdo de minerais de *Brachiaria brizantha* e *Arachis pintoi* consorciados. *Revista Brasileira de Zootecnia*. Viçosa, v.31, n.2, p.605 - 616, 2002.
- Schiavo, J. A., Martins, M.A. Produção de mudas de goiabeira (*Psidium guajava*.L) inoculadas com o fungo micorrízico arbuscular *Glomus clarum* em substrato agro-industrial. *Revista Brasileira de Fruticultura*. Jaboticabal, v.24, n.2, p.519 - 523, 2002.
- Shetty, K.G., Hetrick, B.A., Schwab, A.P. Effects of mycorrhizae and fertilizer amendments on zinc tolerance of plants. *Environment and Pollution*, London, v.88, p.307–314, 1995.
- Siqueira, J.O. *Biologia do Solo*. 1. ed. Lavras: ESAL/FAEPE., 1993. 230p.
- Sieverding, E. Vesicular-arbuscular mycorrhiza management in tropical agrosystems. Eschborn: Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit, 1991. 371p.
- Souza, R. F., Pinto, J. C., Siqueira, J. O., Curi, N., Morais, A. R. Influência de micorriza e fósforo sobre o rendimento de matéria seca e qualidade de *A. gayanus* e *S. guianensis* cultivados em um Latossolo. *Pasturas Tropicales*. Cali, v.22, n.2, p.34 - 41, 2000.
- Vázquez, M.M., César, S., Azcón, R., Barea, J.M. Interactions between arbuscular mycorrhizal fungi and other microbial inoculants (*Azospirillum*, *Pseudomonas*, *Trichoderma*) and their effects on microbial population and enzyme activities in the rhizosphere of maize plants. *Applied Soil Ecology*, London, v.15, p. 261–272, 2000.
- Wubet, T., Kottke, I., Teketay, D., Oberwinkler, F. Mycorrhizal status of indigenous trees in dry Afromontane forests of Ethiopia. *Forest Ecology and Management*, Melbourne, v.179, p. 387–399, 2003.
- Ying Chu, E.; Moller, M.R.F.; Carvalho, J.G. Efeitos da inoculação micorrízica em mudas de gravioleira em solo fumigado e não fumigado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.36, n.4, p. 671-680, 2001.
- Zimmer, A. H.; Euclides, V. P. B. Importância das pastagens para o futuro da pecuária de corte no Brasil. . In: Evangelista, A. R.; Bernardes, T. F.; Sales, E. C. J. (ed.) *Simpósio de Forragicultura e Pastagens: Temas em evidência*. Lavras: NEFOR/UFLA, 2000. p. 1-49.