

Micorriza e fósforo no crescimento de *Brachiaria brizantha* e *Stylosanthes guianensis* em solo de baixa fertilidade.

2. Acúmulo de minerais

R. Ferreira de Souza*, J. Cardoso Pinto**, J. Oswaldo Siqueira*** e V. Ferreira Rezende^ψ

Introdução

A produtividade das pastagens em extensas áreas do Brasil Central é extremamente baixa em decorrência, principalmente, das condições adversas de clima e solo. Nessa situação encontra-se a região Campos das Vertentes em Minas Gerais, Brasil, onde as principais classes de solos são os Cambissolos e os Latossolos Vermelho Amarelo e Vermelho Escuro. O Latossolo Vermelho Escuro distrófico abrangendo aproximadamente 37.422 ha representa 18.96% da área de influência da represa de Camargos/Itutinga (MG) (Giarolla, 1994) e possui como maior limitação ao uso agrícola a sua baixa fertilidade natural, principalmente os baixos teores de fósforo (P) disponível. Apesar dessa característica química desfavorável, esses solos possuem propriedades físicas adequadas e o relevo é relativamente suave, sendo, em sua maior parte, utilizados com pastagens constituídas por espécies nativas que apresentam baixa produtividade e qualidade. Para a melhoria dessas pastagens torna-se necessário o emprego de espécies forrageiras mais produtivas e de melhor qualidade. As espécies *Brachiaria brizantha* e *Stylosanthes guianensis* destacam-se como bastante promissoras para a introdução nessa região, porém, um dos maiores problemas para o sucesso no estabelecimento, manutenção e qualidade dessas pastagens é representado pelos níveis extremamente baixos de P disponível desses solos, o que implica na necessidade

de altas doses de adubação com esse nutriente. Entretanto, com o elevado custo dos fertilizantes fosfatados torna-se necessária a busca de alternativas para reduzir o seu uso ou tornar o emprego desses insumos mais eficientes.

O aproveitamento dos fungos micorrízicos arbusculares para o aumento da produtividade das pastagens tropicais é uma alternativa bastante promissora. As micorrizas arbusculares são de ocorrência generalizada, em especial nos trópicos, infectando a maioria das plantas. Dentre os benefícios das micorrizas para as plantas estão a maior absorção de P que, por sua vez, estimula a absorção de outros nutrientes tais como K, Ca e Mg (Siqueira, 1994), sendo esses efeitos mais acentuados em condições sub-ótimas de disponibilidade de P (Barea e Azcon-Aguilar, 1983). Portanto, o manejo da simbiose micorrízica é bastante promissor para o aumento da produtividade e qualidade das pastagens em regiões tropicais onde os solos são geralmente pobres.

Este estudo objetivou avaliar a influência de fungos micorrízicos arbusculares e doses crescentes de P sobre a absorção e acúmulo de P, K, Ca e Mg pelas espécies *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex. A. Rich.) Stapf cv. Marandu e *Stylosanthes guianensis* (Aubl.) Sw. var. *vulgaris* Souza Costa cv. Mineirão cultivadas solteiras e consorciadas em solo de baixa fertilidade natural, sob condições controladas de casa de vegetação.

Material e métodos

O experimento foi conduzido em casa de vegetação da Universidade Federal de Lavras (MG, Brasil), localizada a 21° 15' latitude sul e 45° longitude oeste, durante o período de novembro e 1996 a dezembro de 1996. Usou-se um Latossolo Vermelho Escuro distrófico,

* Eng. Agrônomo, MSc. Zootecnia, Rua José Claudino, 268, CEP 37200-000, Lavras, MG, Brasil.

** Eng. Agr., DSc, Prof. do Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Lavras (UFLA), Caixa Postal 37, 37.200-000, Lavras, MG, Brasil.

*** Eng. Agr., PhD, Prof. do Departamento de Solos, UFLA.

^ψ Estudante de Agronomia da UFLA.

coletado na camada de 0 a 20 cm, na região dos Campos das Vertentes (MG), com as seguintes características químicas: pH em água = 5.1, P = 1 ppm (Mehlich 1), K = 25 ppm; Ca + Mg = 0.4 meq/100 g, Al = 0.2 meq/100 g.

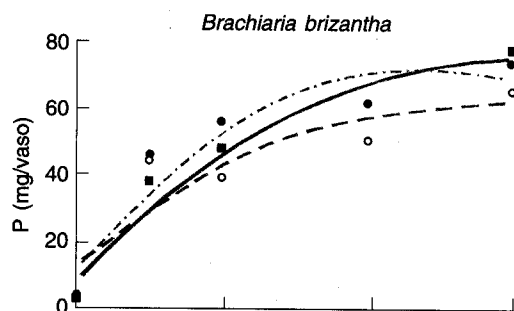
Os tratamentos foram distribuídos de forma inteiramente casualizada, num esquema fatorial 5 x 3, com quatro repetições, constando de cinco doses de P (0, 50, 100, 200 e 300 mg/kg solo) e três tratamentos de solo (com fungos micorrízicos nativos, isento de fungos nativos e inoculado com *Glomus etunicatum*, e sem micorriza) e as espécies forrageiras *Brachiaria brizantha*, *Stylosanthes guianensis* e *B. brizantha* + *S. guianensis*. Detalhes da instalação e condução do experimento, encontram-se na primeira parte deste trabalho (Micorriza e fósforo no crescimento de *Brachiaria brizantha* e *Stylosanthes guianensis* em solo de baixa fertilidade. 1. Produção de matéria seca e proteína bruta).

Os cortes da parte aérea das plantas foram realizados a intervalos de 90 dias. Após cada corte, a parte aérea foi seca em estufa com circulação de ar a 70 °C por 72 h e moída em moinho tipo Willey com malha de 20 mesh e submetida à digestão nitroperclórica para as análises de P, K, Ca e Mg. No extrato obtido, o P foi analisado por colorimetria, o K por fotometria de chama, e o Ca e Mg por espectrofotometria de absorção atômica (Malavolta et al., 1989).

Resultados e discussão

Os resultados obtidos para acúmulo de P, K, Ca e Mg na parte aérea das espécies estudadas, em função das doses crescentes de P foram altamente significativos e se ajustaram aos modelos de regressão quadrática e linear (Figuras 1 a 4). A partir das equações de regressão estimaram-se os acúmulos máximos dos minerais e as respectivas doses de P. Além disso, foram estimados os acúmulos correspondentes a 80% do máximo ou 80% do acúmulo na maior dose de fósforo aplicada em solo desinfestado. Esse índice pode representar a máxima eficiência econômica da adubação (Alvarez et al., 1988; Spencer e Glendinning, 1980).

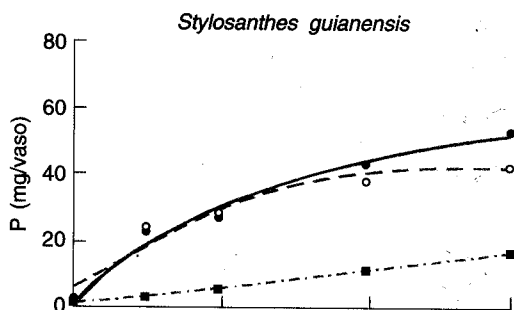
A estimativa de acúmulo máximo de P (mg/vaso) na MS da parte aérea de *B. brizantha* foi de 74 para o solo inoculado, 66 para o solo natural e 79 para o solo desinfestado com a aplicação de P: 240, 300 e 300 mg/kg solo, respectivamente. Considerando-se um acúmulo de P equivalente a 80% do máximo obtido em solo desinfestado (63 mg/vaso), verifica-se que a necessidade de P (mg/kg de slo) foi de 170 (100%),



$$Y = 9.2910 + 0.4410x - 0.0007x^2 \quad R^2 = 0.94^{**}$$

$$Y = 13.3050 + 0.3563x - 0.0006x^2 \quad R^2 = 0.80^{**}$$

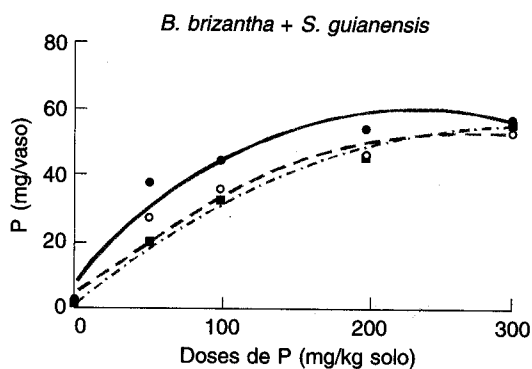
$$Y = 12.1650 + 0.5120x - 0.0011x^2 \quad R^2 = 0.90^{**}$$



$$Y = 4.0626 + 0.2837x - 0.0006x^2 \quad R^2 = 0.98^{**}$$

$$Y = 5.4231 + 0.2929x - 0.0006x^2 \quad R^2 = 0.95^{**}$$

$$Y = -0.2340 + 0.0548x - 0.0007x^2 \quad R^2 = 0.99^{**}$$



$$Y = 0.5319 + 0.0255x - 0.00006x^2 \quad R^2 = 0.84^{**}$$

$$Y = 0.4321 + 0.0250x - 0.00006x^2 \quad R^2 = 0.88^{**}$$

$$Y = 0.3980 + 0.0189x - 0.00004x^2 \quad R^2 = 0.89^{**}$$

- Solo sem micorriza
- Solo inoculado com *Glomus etunicatum*
- Solo natural

Figura 1. Acúmulo de P na MS da parte aérea de *Brachiaria brizantha*, *Stylosanthes guianensis* e *B. brizantha* + *S. guianensis* em função de doses de P e tratamentos de solo.

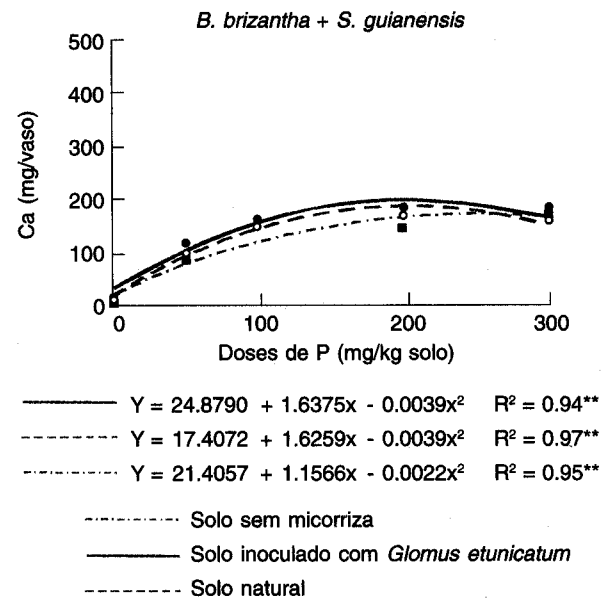
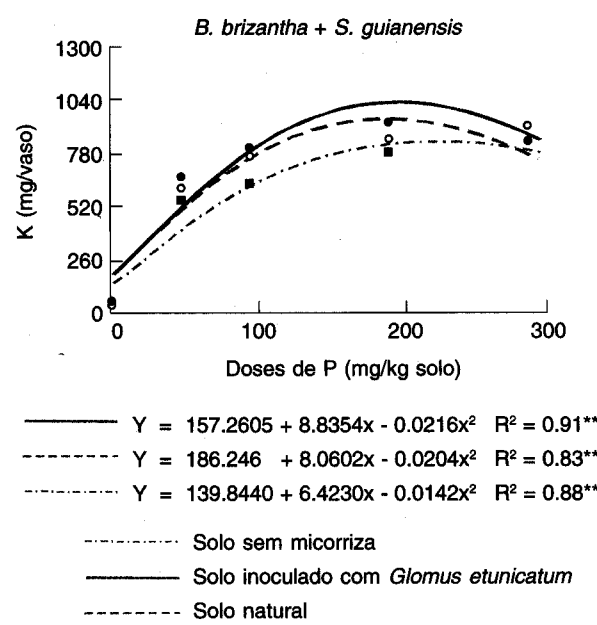
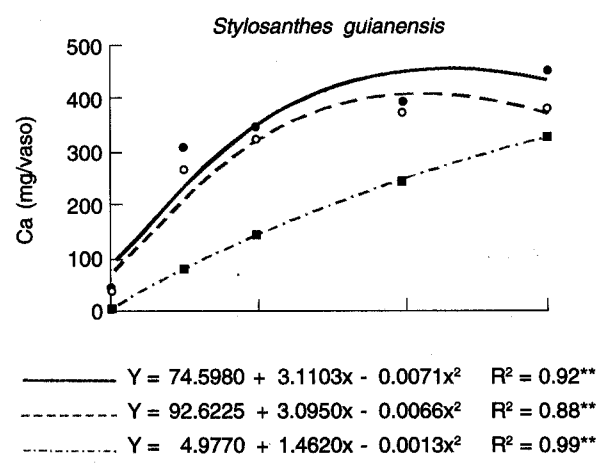
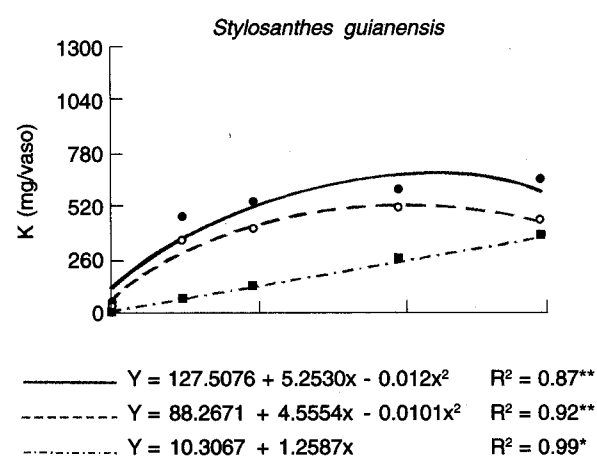
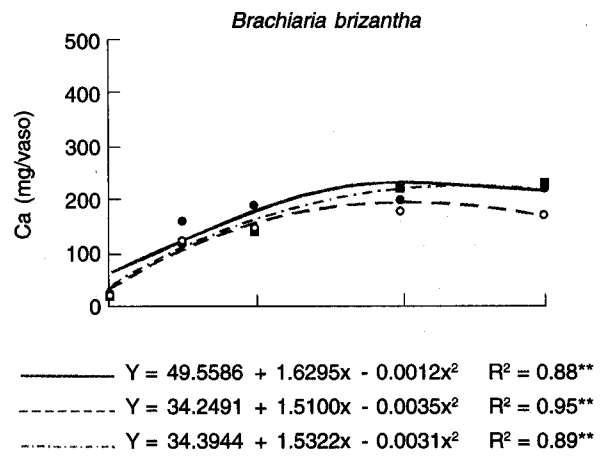
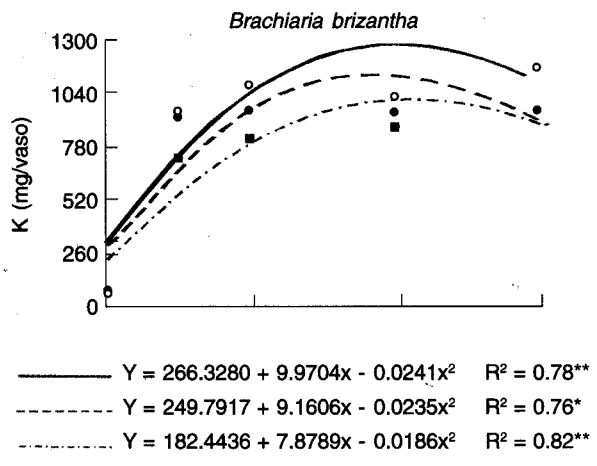


Figura 2. Acúmulo de K na MS da parte aérea de *Brachiaria brizantha*, *Stylosanthes guianensis* e *B. brizantha + S. guianensis* em função de doses de P e tratamentos de solo.

Figura 3. Acúmulo de Ca na MS da parte aérea de *Brachiaria brizantha*, *Stylosanthes guianensis* e *B. brizantha + S. guianensis* em função de doses de P e tratamentos de solo.

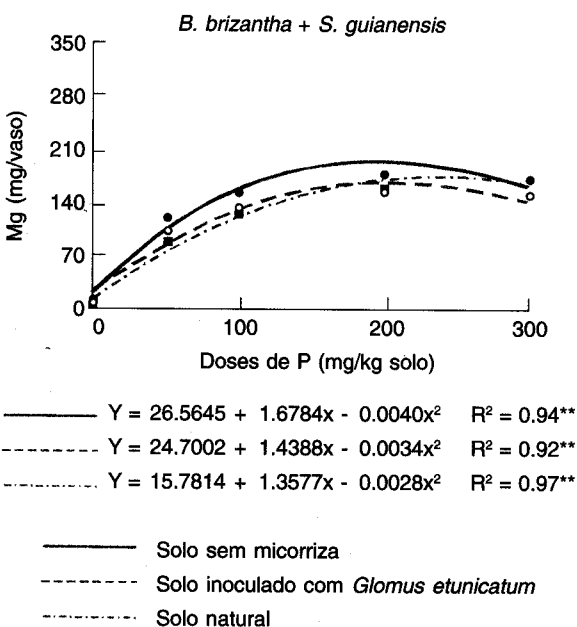
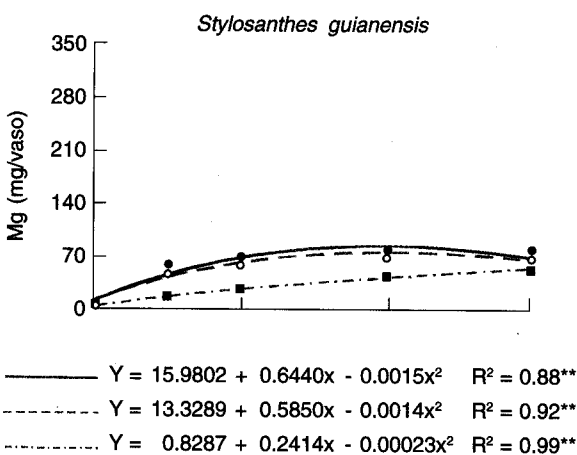
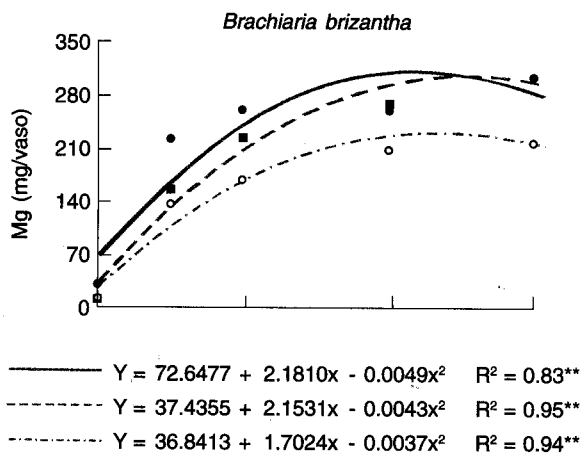


Figura 4. Acúmulo de Mg na MS da parte aérea de *Brachiaria brizantha*, *Stylosanthes guianensis* e *B. brizantha + S. guianensis* em função de doses de P e tratamentos de solo.

242 (143%) e 143 (85%), para os solos desinfestado, natural e inoculado, respectivamente. Para o *S. guianensis* as quantidades máximas acumuladas de P (mg/vaso) foram de 53, 43.5 e 16, obtidas com a aplicação de P de 300, 259 e 300 mg/kg solo, para os solos inoculado, natural e desinfestado, respectivamente. Considerando-se um acúmulo de P equivalente a 80% do máximo obtido em solo (13 mg/vaso), verifica-se que a dose necessária de P (mg/kg solo) foi de 240 (100%), 26 (10.8%) e 33 (13.8%), para os solos desinfestado, natural e inoculado, respectivamente. No consórcio o máximo acúmulo de P por vaso foi de 62, 53 e 55 mg com as doses de P de 230, 245 e 300 mg/kg solo para os solos inoculado, natural e desinfestado, respectivamente. Considerando-se um acúmulo de P equivalente a 80% do máximo obtido em solo desinfestado (44 mg/vaso), verifica-se que a necessidade de P (mg/kg solo) foi de 168 (100%), 135 (80%) e 97 (58%), para os solos desinfestado, natural e inoculado, respectivamente.

A estimativa de acúmulo máximo de K na MS de *B. brizantha* foi de 1142 mg para o solo inoculado, 1292 mg para o solo natural e 1016 mg para o solo desinfestado, com a aplicação de P de 195, 207 e 212 mg/kg solo, respectivamente. Considerando-se um acúmulo de K equivalente a 80% do máximo obtido em solo desinfestado (814 mg/vaso), verifica-se que a necessidade de P foi de 107 (100%), 65 (60%) e 76 mg/kg solo (70%), para os solos desinfestado, natural e inoculado, respectivamente. Para *S. guianensis* as quantidades máximas de K acumuladas por vaso foram de 700, 600 e 380 mg e foram obtidas com a aplicação de P de 220, 225 e 300 mg/kg solo, para os solos inoculado, natural e desinfestado, respectivamente. Considerando-se um acúmulo equivalente a 80% do máximo obtido em solo desinfestado (310 mg/vaso, K), observa-se que a necessidade de P foi de 238 (100%), 56 (23.5%) e 38 mg/kg solo (16%) para os solos desinfestado, natural e inoculado, respectivamente. No consórcio as quantidades máximas de K acumuladas por vaso foram de 983, 1061 e 867 mg com as doses de P de 198, 205 e 226 mg/kg solo, para os solos inoculado, natural e desinfestado, respectivamente. Considerando-se um acúmulo de K equivalente a 80% do máximo obtido em solo desinfestado (694 mg/vaso), verifica-se que a necessidade de P foi de 116 (100%), 74 (64%) e 78 mg/kg solo (67%), para os solos desinfestado, natural e inoculado, respectivamente.

A quantidade máxima acumulada de Ca na MS do *B. brizantha* foi de 230 mg para o solo inoculado, 195 mg para o solo natural e 223 mg para o solo desinfestado, com a aplicação de P de 220, 212 e 247 mg/kg solo, respectivamente. Considerando um

acúmulo de Ca equivalente a 80% do máximo obtido em solo desinfestado (179 mg/vaso), verifica-se que a necessidade de P (mg/kg solo) foi de 127 (100%), 145 (114%) e 103 (80%), para os solos desinfestado, natural e inoculado, respectivamente. Para *S. guianensis* as quantidades máximas acumuladas de Ca (457, 416 e 327 mg/vaso) foram obtidas com a aplicação de P de 235, 416 e 300 mg/kg solo, para os solos inoculado, natural e desinfestado, respectivamente. Considerando-se um acúmulo de Ca (mg/vaso) equivalente a 80% do máximo obtido em solo desinfestado (261 mg/vaso), verifica-se que a dose necessária de P (mg/kg solo) foi de 219 (100%), 72 (33%) e 63 (29%), para os solos inoculado, natural e desinfestado. No consórcio natural e inoculado, respectivamente, o máximo acúmulo de Ca por vaso foi de 207, 188 e 170 mg nas doses de P de 212, 210 e 260 mg/kg solo para os solos inoculado, natural e desinfestado, respectivamente. Considerando-se um acúmulo de Ca equivalente a 80% do máximo obtido em solo desinfestado (137 mg/vaso), verifica-se uma necessidade de P (mg/kg solo) de 135 (100%), 95 (70%) e 86 (64%), para os solos desinfestado, natural e inoculado, respectivamente.

O acúmulo máximo de Mg na MS do *B. brizantha* foi de 315 mg para o solo inoculado, 333 mg para o solo natural e 306 mg para o solo desinfestado, com a aplicação das doses de P de 220, 230 e 250 mg/kg solo, respectivamente. Considerando-se um acúmulo de Mg equivalente a 80% do máximo obtido em solo desinfestado (245 mg/vaso), nota-se que a necessidade de P (mg/kg solo) foi de 130 (100%), 230 (177%) e 103 (79%), para os solos desinfestado, natural e inoculado, respectivamente. Para o *S. guianensis* as quantidades máximas acumuladas de 86, 76 e 53 mg de Mg foram obtidas com a aplicação de P de 216, 213 e 300 mg/kg solo para os solos inoculado, natural e desinfestado, respectivamente. Considerando-se um acúmulo de Mg equivalente a 80% do máximo obtido em solo desinfestado (42 mg/vaso), observa-se que a necessidade de P (mg/kg) foi de 214 (100%), 57 (27%) e (21%) para os solos desinfestado, natural e inoculado, respectivamente. No consórcio as quantidades máximas de Mg acumuladas por vaso foram de 200, 175 e 178 mg nas doses de P de 210, 210 e 240 mg/kg solo para os solos inoculado, natural e desinfestado. Para um acúmulo de Mg equivalente a 80% do máximo obtido em solo desinfestado (143 mg/vaso), necessitou-se das doses de P (mg/kg solo) de 126 (100%), 110 (87%) e 87 (70%) para os solos desinfestado, natural e inoculado, respectivamente.

Esses resultados mostram que as quantidades acumuladas de P, K, Ca e Mg na MS da parte aérea de braquiário e estilósantes foram significativamente em resposta ao incremento nas doses de P, confirmando pesquisas realizadas por Fonseca et al. (1988) com *A. gayanus* e *B. decumbens*; Costa et al. (1992b) estudando *B. brizantha* cv. Marandu; Lambais e Cardoso (1990; 1993) com *S. guianensis*; e Paulino et al. (1994) com *B. brizantha* cv. Marandu, os quais obtiveram aumentos significativos nos teores de minerais nas espécies estudadas em função do aumento nas doses de P. Verificou-se, também, que na maioria dos casos o acúmulo desses nutrientes foi aumentado pela presença de infecção micorrízica, demonstrando que os mesmos foram afetados positivamente pela interação micorrizas x doses de P. Segundo Salinas e Sánchez (1976), Saif (1985) e Howeler et al. (1987) plantas micorrizadas absorvem mais eficientemente o P do solo em relação as não micorrizadas, proporcionando maior conteúdo do mesmo no tecido vegetal. Porém, Siqueira (1994) reporta que esse fato pode ser devido a uma maior área de solo explorada pelas hifas do fungo, aumentando a capacidade de absorção de nutrientes fora da zona de esgotamento que normalmente se forma em torno das raízes, bem como modificações fisiológicas na planta que podem alterar as características relacionadas com a cinética de absorção, translocação e utilização do P. Ainda segundo Siqueira (1994) o maior acúmulo de K, Ca e Mg pode ser explicado pela melhor capacidade de absorção dos nutrientes das plantas micorrizadas ou por um efeito indireto devido a uma melhor nutrição em P.

Conclusões

O aumento nas doses de P promoveu incrementos significativos na absorção e acúmulo dos nutrientes P, K, Ca e Mg por *B. brizantha* e *S. guianensis*, resultados que, de modo geral, foram evidenciados pela presença de micorrizas. A necessidade de aplicação de P foi bastante diminuída quando se realizou a inoculação com fungos micorrízicos. Entretanto os benefícios das micorrizas arbusculares para a *B. brizantha* foram pouco evidentes.

Resumen

En casa de vegetación del Departamento de Ciencias del Suelo de la Universidad Federal de Lavras (MG, Brasil) se evaluó la respuesta de *Brachiaria brizantha* y *Stylosanthes guianensis* a la inoculación con micorriza y la aplicación de fósforo (P). Las plantas crecieron solas y asociadas en macetas conteniendo

3.8 kg de un Latosol Vermelho escuro distrófico de la región Campos das Vertentes (MG, Brasil). El estudio consistió en un factorial 3 x 5 con tres tratamientos de suelo (natural, desinfestado y desinfestado más inóculo con *Glomus etunicatum*) y cinco dosis de P (0, 50, 100, 200 y 300 mg/kg de suelo), en un diseño experimental completamente al azar con cuatro repeticiones. Se realizaron dos cortes en la parte aérea de las plantas y se evaluó el contenido acumulado de P, K, Ca y Mg en la MS. Los resultados mostraron incrementos significativos en las cantidades acumuladas de P, K, Ca y Mg en las especies estudiadas, como respuesta al aumento en las dosis de P. También se encontró que los resultados se relacionaron con la presencia de hongos micorrízicos, siendo más notorio este efecto con la aplicación de dosis medias de P.

Summary

The response of forages to mycorrhizal inoculation and to different P application rates when grown in a dystrophic dark red Latosol, obtained from the Campos das Vertentes region of Minas Gerais, Brasil, was evaluated under greenhouse conditions in Lavras. A completely randomized statistical design was used, arranged in a 3 x 5 factorial scheme with four repetitions, for a total of 15 different treatments. These treatments consisted of mycorrhizal inoculation (natural soil, soil without mycorrhizas, and soil inoculated with *Glomus etunicatum*) and five P application rates (0, 50, 100, 200, and 300 mg/kg soil), applied to forage species *Brachiaria brizantha*, *Stylosanthes guianensis*, and *B. brizantha* + *S. guianensis*. Two cuttings of aerial parts of plants were performed. Plant accumulation of P, K, Ca, and Mg in the DM of aerial parts was analyzed. Results showed that increasing P application rates significantly increased accumulation of P, K, Ca and Mg in DM of aerial parts. These results were evidenced by the presence of mycorrhizal fungi, to a greater or lesser extent, depending on the forage species studied, mainly in the case of intermediate phosphate fertilization rates.

Referências

- Alvarez, V. V.; Novais, R. F.; Braga, J. M.; Neves, J. C.; Barros, N. F.; Ribeiro, A. C.; e Defelipo, B. V. 1988. Avaliação da fertilidade do solo: metodologia. En: Simpósio da Pesquisa na Universidade de Viçosa. Resumos. p. 68-69.
- Barea, J. M. e Azcon-Aguilar, C. G. 1983. Mycorrhizas and their significance in nodulating nitrogen-fixing plants. Adv. Agron. 36(1):1-54.
- Costa, N. L.; Paulino, V. F.; Cardelli, M. A.; Oliveira, J. R.; e Rodrigues, A. N. 1992a. Efeito de diferentes fontes e doses de fósforo sobre a produção de forragem de *Andropogon gayanus* cv. Planaltina. En: 20 Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo. Piracicaba. Anais. Piracicaba. Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz da Universidade de São Paulo, Sociedade Brasileira da Ciência do Solo (SP/ESALQ/SBCS).
- _____; Paulino, V. F.; Rodrigues, A. N.; e Oliveira, J. R. da C. 1992b. Resposta da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu a fontes e doses de fósforo. En: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia. Brasília. Anais. Viçosa. Sociedade Brasileira de Zootecnia. p. 28-50.
- Fonseca, D. M. da; Alvarez V., V.; Neves, J. C.; Gomide, J. A.; Novais, R. F. De; e Barros, N. F. 1988. Níveis críticos de fósforos em amostras de solos para o estabelecimento de *Andropogon gayanus*, *Brachiaria decumbens* e *Hyparrhenia rufa*. Revista Brasileira de Ciência do Solo 12(1):49-58.
- Giarolla, N. F. 1994. Levantamento pedológico, perdas de solo e aptidão agrícola das terras da região sob influência do reservatório de Itutinga/Camargos (MG). Dissertação Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas. Escola Superior de Agricultura de Lavras (ESAL), Brasil. 226 p.
- Guss, A. 1988. Exigência de fósforo para estabelecimento de gramíneas e leguminosas forrageiras tropicais em solos com diferentes características físicas e químicas. Tese Doutorado em Zootecnia. Universidades Federal de Viçosa (UFV), Brasil. 74 p.
- Howeler, R. H.; Sieverding, E.; e Saif, S. 1987. Practical aspects of mycorrhizal technology in some tropical crops and pastures. Plant Soil 100:249-283.
- Lambais, M. R. e Cardoso, E. J. 1990. Response of *Stylosanthes guianensis* to endomycorrhizal fungi inoculation as affected by lime and phosphorus applications. 1. Plant growth and development. Plant Soil 129:283-289.
- _____. 1993. Response of *Stylosanthes guianensis* to endomycorrhizal fungi inoculation as affected by lime and phosphorus applications. 2. Nutrient uptake. Plant Soil 150:109-116.
- Malavolta, E.; Vitti, G. C.; e Oliveira, S. A. 1989. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. Potafos, Piracicaba. 210 p.
- Paulino, V. T.; Costa, N. de L.; Cardelli de Lucena, M. A.; Schammas, E. A.; e Ferrari Jr., E. 1994. Resposta de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu à calagem e a fertilização fosfatada em um solo ácido. Pasturas Tropicales 16(2):34-40.

Saif, S. R. 1985. Response of tropical forage plants to VA mycorrhizal inoculation and rock phosphate. En: 6 North American Conference on Mycorrhizae. 1984. Anais. Oregon Forest Research Laboratory. p. 228.

Salinas, J. G. e Sánchez, P. A. 1976. Soil-plant relationship affecting varietal and species differences in tolerance to low available soil phosphorus. *Cienc. Cult.* 28(2):156-158.

Siqueira, J. O. 1994. Micorrizas arbusculares. En: Araújo, R. S. e Hungria, M. (eds.). *Microorganismos de importância agrícola*. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA-SPI), Brasília, DF. p. 151-194.

Spencer, K. E. e Glendinning, J. S. 1980. Critical soil test values for predicting the phosphorus and sulfur status of subhumid temperate pastures. *Aust. J. Soil Res.* 18:435-445.