

Resposta da soja e do capim brizantão cultivados em uma amostra de solo degradado à aplicação de quatro fontes de adubos fosfatados

José Alexandre Sambatti¹, Erico Sengik^{1*}, Antonio Carlos Saraiva da Costa¹, Antonio Saraiva Muniz¹, Eduardo Maia Betini¹ e Ulysses Cecato²

¹Mestrado em Produção Vegetal, Departamento de Agronomia, Universidade Estadual de Maringá, Av. Colombo, 5790, 87020-900, Maringá-Paraná, Brazil. ²Departamento de Zootecnia, Universidade Estadual de Maringá, Av. Colombo, 5790, 87020-900, Maringá-Paraná, Brazil. *Author for correspondence.

RESUMO. O experimento foi desenvolvido em condições de vaso, em casa de vegetação, no Departamento de Agronomia da Universidade Estadual de Maringá. Foram utilizadas amostras de um solo oriundo da Fazenda Experimental de Iguatemi, Maringá-PR, degradado pela erosão e que apresentava características químicas desfavoráveis à prática agrícola, tais como: baixos teores de matéria orgânica, elevada acidez, presença de alumínio trocável em níveis tóxicos e baixos teores de fósforo. Estudou-se o efeito de adubos fosfatados sobre o crescimento de duas espécies de plantas distintas: soja (*Glycine max*) cv. BR-37 e capim brizantão (*Brachiaria brizantha*) cv. Marandu. Foram utilizadas diferentes fontes de fósforo, sendo três de origem natural, classificadas como de alta eficiência agrônômica (Arad, Carolina do Norte e Gafsa), e um fosfato solúvel (superfosfato simples). O adubo fosfatado que promoveu as maiores produções foi o superfosfato simples, devido, provavelmente, à maior disponibilidade imediata de fósforo e/ou ao fornecimento simultâneo de enxofre na forma de sulfato. Não houve diferença na produção de matéria seca das plantas entre os adubos fosfatados naturais. A soja apresentou um melhor aproveitamento das fontes naturais, explicada pela solubilização dessas fontes, já que tende a apresentar um pH rizosférico mais baixo que o capim brizantão.

Palavras-chave: adubos, fosfatos, *Glycine max*, *Brachiaria brizantha*, solo degradado.

ABSTRACT. Dry matter production by two species of plants due to application of phosphate fertilizers in a degraded soil. A greenhouse experiment was carried out at the Department of Agronomy - Universidade Estadual de Maringá. Surface soil material was sampled from a degraded area at Fazenda Experimental de Iguatemi which presented unfavourable chemical characteristics such as low organic matter content, low pH, low phosphorus content and a toxic level of aluminium. In these soil samples the effect of phosphate fertilisers on the growth of two species of different plants: soy bean (*Glycine max*) cv. BR-37, and capim brizantão (*Brachiaria brizantha*) cv. Marandu were studied. Different sources of phosphorus fertilisers were used, being three from natural origin and classified as of high agronomic efficiency (Arad, North Caroline, and Gafsa), and a highly soluble (super simple phosphate). The fertiliser that promoted the largest dry matter production was the super simple phosphate, due to its high solubility and readiness to be absorbed, and/or for simultaneous sulphur supply in sulphate form. There was no difference in the dry matter production between the natural fertilisers. Soy bean developed better with the natural sources. This can be explained by its different capacity to dissolve the natural sources, since soy bean tends to lower rhyzosphere pH than *Brachiaria brizantha*.

Key words: fertilisers, phosphates, *Glycine max*, *Brachiaria brizantha*, degraded soil.

Dentre os principais fatores limitantes de ordem química dos solos tropicais, figuram a deficiência de nitrogênio, seguida da acidez e da deficiência de

fósforo (Fonseca *et al.*, 1997), associada à alta fixação desse elemento nesses solos. Segundo Sanchez e Logan (1992), 37% do trópico úmido e 32% das

savanas e dos cerrados do planeta apresentam alta fixação de fósforo por óxidos de ferro. Em se tratando de solos degradados, esse problema toma proporções bem maiores já que, nos horizontes subsuperficiais, os teores de matéria orgânica diminuem drasticamente, com menor mineralização desta e, conseqüentemente, reduzindo também o fornecimento de alguns nutrientes para as plantas.

Outro aspecto é o nível de acidez, tornando muito maior a adsorção de fósforo pelos minerais predominantes nos solos tropicais. Por outro lado, essa maior acidez favorece, segundo Rajj (1991), a dissolução de adubos fosfatados naturais, podendo implicar uma disponibilidade adequada de fósforo para as plantas, com menor custo, já que estes fosfatos não sofrem processo químico industrial para sua solubilização. No entanto, a eficiência de muitos fosfatos de rocha, segundo Lehr e McClellan (1972) e Chien *et al.* (1980), está diretamente relacionada com o grau de substituição de fosfato (PO_4^{-3}) por carbonato (CO_3^{-2}) em suas composições químicas, pois esse fato gera uma instabilidade na estrutura cristalina da rocha e aumenta a solubilidade e, conseqüentemente, a maior eficiência agrônômica. Os adubos fosfatados a serem utilizados na melhoria da fertilidade de um solo, no que se refere ao fósforo, são as rochas fosfáticas moídas e os superfosfatos resultantes da solubilização ácida dessas rochas.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar diferentes adubos fosfatados aplicados em um solo degradado na produção de matéria seca da soja e do capim brizantão.

Material e métodos

O experimento foi desenvolvido em casa de vegetação do Departamento de Agronomia da Universidade Estadual de Maringá. Cerca de 500 kg de um Latossolo Vermelho Escuro, proveniente da região Noroeste do Estado do Paraná, decapitado (sem o horizonte superficial), com exposição do horizonte C foi amostrado a campo, onde foi ensacado, seco à sombra e peneirado (malha de quatro milímetros) para montagem dos vasos. Parte do material foi peneirado a dois milímetros e encaminhado ao laboratório de solos para análise química de rotina (Embrapa, 1979).

O fósforo e o potássio foram extraídos por Mehlich-1 e determinados por colorimetria e fotometria de chama, respectivamente; o cálcio, o magnésio, e o alumínio foram extraídos com KCl 1 mol L⁻¹ e determinados por espectrofotometria de absorção atômica: pH CaCl₂ 4,1; pH H₂O 4,9; H + Al 13,07; Al 4,0 Ca 1,38; Mg 0,86 K 0,13, em

cmol/dm³. C 4,94 g/dm³ e P 2,0mg/dm³. Areia 820; silte 10 e argila 170 g/kg.

Empregou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado, com quatro repetições, onde cada unidade experimental constituiu-se de um vaso plástico contendo seis quilos de terra.

Os adubos utilizados foram hiperfosfato de Gafsa (28,5% de P₂O₅ total), oriundo da Tunísia; fosfato de Arad (33% de P₂O₅ total), oriundo de Israel; fosfato da Carolina do Norte (30% de P₂O₅ total), oriundo dos EUA; todos classificados por Léon *et al.* (1986) como materiais de alta eficiência agrônômica, além do superfosfato simples (20% de P₂O₅ total). Todos os adubos foram utilizados nas formas físicas em que são comercializados: farelada para os naturais e granulada para o superfosfato simples.

Foram adicionados a cada vaso, com exceção do tratamento testemunha, 60mg dm⁻³ de fósforo, com base nos teores totais de P₂O₅ de cada adubo. Após a mistura do solo com os adubos em todo volume do vaso, foi adicionado água até atingir, aproximadamente, 70% da capacidade de campo e, após quatro dias, foi realizada a semeadura.

As duas espécies utilizadas foram soja (*Glicine max*) cv. BR-37 e capim Marandu (*Braquiaria brizantha*) Staff cv. Marandu. As sementes de soja foram, antes da semeadura, inoculadas com um produto comercial, contendo estirpes selecionadas de *Bradyrhizobium*.

Após a emergência das plântulas, vários desbastes foram necessários para a obtenção de cinco plantas uniformemente distribuídas nos vasos cultivados com soja, e seis plantas nos vasos cultivados com capim Marandu.

Decorridos 48 dias após a emergência, foi realizada a colheita de todos os tratamentos. O material coletado, tanto a parte aérea como as raízes, seguiu para a secagem em estufa de ventilação forçada a 65°C, até peso constante. Realizou-se, então, a pesagem de cada tratamento.

Resultados e discussão

A parte aérea da soja foi estimulada pela adubação fosfatada, com aumentos de 59,8% (super simples), 49,6% (Carolina do Norte), 46% (Gafsa) e 41,1% (Arad) em relação à testemunha, porém não houve diferença estatística ($P > 0,05$) entre os adubos fosfatados utilizados, apesar de a produção de matéria seca ter sido ligeiramente superior no tratamento que recebeu superfosfato simples (Figura 1). A produção de matéria seca de raízes (Figura 2), obtida nos tratamentos super simples e Arad, foi estatisticamente superior ($P > 0,05$) à testemunha, 64,2% (super simples) e 33,2% (Arad), já os fosfatos

de Gafsa e Carolina do Norte não diferiram estatisticamente da testemunha, apesar de apresentarem valores absolutos de crescimento superiores, 30,0% e 19,6%, respectivamente. Tais observações confirmam a hipótese de que, neste solo, o fósforo foi um fator limitante e a aplicação de fósforo elevou a produção até a um nível em que outro fator passou a ser limitante, podendo essa limitação ser atribuída à deficiência de outro nutriente ou à toxidez por alumínio.

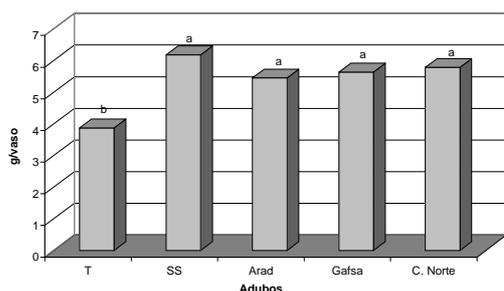


Figura 1. Produção de M.S. da parte aérea de soja (*Glycine max*) cv. BR-37, em função da aplicação de adubos fosfatados

Médias seguidas de letras iguais não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. T= Testemunha; SS= Superfósforo Simples; Arad= Fósforo de Arad; Gafsa= Fósforo de Gafsa; C. Norte= Fósforo de Carolina do Norte

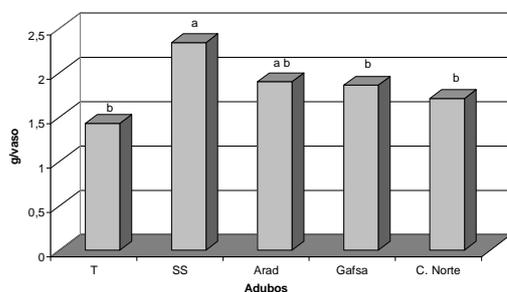


Figura 2. Produção de M.S. de raízes de soja (*Glycine max*) cv. BR-37, em função da aplicação de adubos fosfatados

Médias seguidas de letras iguais não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. T= Testemunha; SS= Superfósforo Simples; Arad= Fósforo de Arad; Gafsa= Fósforo de Gafsa; C. Norte= Fósforo de Carolina do Norte

Os efeitos dos fosfatos no crescimento da parte aérea da soja foram semelhantes entre si, com o superfósforo simples proporcionando maiores valores absolutos de crescimento. Superfósforo simples e Arad foram semelhantes, e o primeiro foi superior ao Gafsa e ao Carolina do Norte, em se tratando do crescimento de raízes, contudo o superfósforo simples proporcionou maiores valores absolutos de crescimento. Cabe ressaltar, porém, que a aplicação de fosfatos solúveis, misturados em todo o volume de solo, predispõe o fósforo à ocorrência acentuada do fenômeno da adsorção, com

redução na sua disponibilidade, principalmente em condições de pH baixo. Todavia, o que se observa no presente trabalho é que, mesmo com essas possíveis reduções na disponibilidade de fósforo, a fonte solúvel foi superior, e as fontes naturais, apesar de se encontrarem em um ambiente de pH baixo e misturadas em todo volume de solo, condição que favorece uma maior solubilização, apresentaram-se inferiores. Entretanto, um aspecto relevante a ser considerado é o fornecimento do enxofre pelo superfósforo simples.

Raj (1991) compara superfósforo triplo com hiperfósforo de Gafsa, em ensaios em vasos, com os adubos misturados em 100% do volume de solo, e verifica igual produção de matéria seca de milho para ambos os tratamentos; o fosfato de origem natural foi inferior somente quando foi misturado em 1%, e 10% do volume de solo.

Os resultados obtidos no presente trabalho referem-se a um único cultivo neste solo sob os vários tratamentos, sem que tenha havido período de incubação; portanto, as plantas do tratamento com superfósforo simples tiveram a possibilidade de aproveitar o fósforo, antes que parte considerável desse tenha passado para formas não-lábeis. Tal fato pode estar relacionado, também, à granulometria do adubo solúvel utilizado, predispondo, em menor grau, o elemento às reações de adsorção, já que Ferreira e Kaminski (1979) e Nakayama *et al.* (1998) observaram maior produção de matéria seca dos tratamentos sob aplicação do hiperfósforo de Gafsa quando comparados aos tratamentos com fosfatos solúveis na forma de pó, superfósforo triplo e superfósforo simples, respectivamente, mesmo em se tratando de solos com menor grau de acidez do que o solo deste estudo.

Quanto à produção de matéria seca da parte aérea do capim Marandu (Figura 3), observa-se uma acentuada resposta à aplicação de todos os adubos fosfatados, com aumentos de 1.743% (superfósforo simples), 1.498% (Carolina do Norte), 1.467% (Gafsa), 1.397% (Arad), em relação à testemunha, novamente confirmando a grande limitação deste solo em se tratando do nutriente fósforo. Diferentemente do observado com a soja, todas as fontes naturais foram estatisticamente inferiores ($P > 0,05$) à fonte solúvel. Em relação às raízes (Figura 4), verifica-se, semelhantemente à parte aérea, uma acentuada resposta à aplicação de todos os adubos testados, com aumentos de 1.704% (Superfósforo Simples), 15.49% (Carolina do Norte), 15.185 (Arad) e 1.446% (Gafsa), em relação à testemunha, sendo que o superfósforo simples não diferiu estatisticamente dos adubos naturais Arad e Carolina

do Norte, sendo diferente apenas do hiperfosfato de Gafsa. No entanto, o adubo solúvel foi superior, principalmente, tratando-se da produção da parte aérea, fortalecendo as hipóteses de maior disponibilização de fósforo por parte deste, e do fornecimento de enxofre via sulfato de cálcio.

As melhores respostas para os compostos solúveis foram observadas em função de terem sido avaliados somente num primeiro cultivo, ao passo que, para cultivos sucessivos, não abordados neste estudo, Oliveira *et al.* (1984) e Vasconcelos *et al.* (1986) apontam o hiperfosfato de Gafsa, único considerado de alta eficiência agrônômica testado em seus experimentos, como o de maior efeito residual, superando o superfosfato triplo e várias fontes de baixa solubilidade natural.

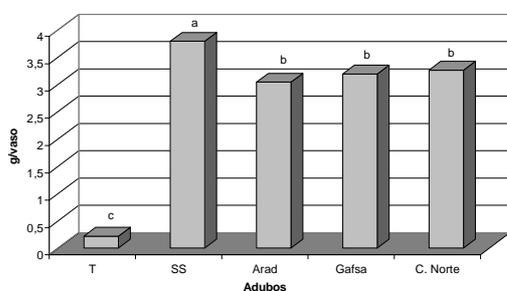


Figura 3. Produção de M.S. de parte aérea de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, em função da aplicação de adubos fosfatados

Médias seguidas de letras iguais não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. T= Testemunha; SS= Superfosfato Simples; Arad= Fosfato de Arad; Gafsa= Fosfato de Gafsa; C. Norte= Fosfato da Carolina do Norte

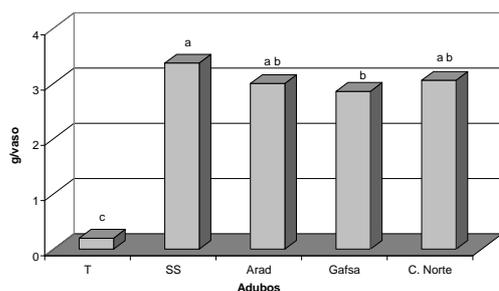


Figura 4. Produção de M.S. de raízes de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, em função da aplicação de adubos fosfatados

Médias seguidas de letras iguais não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. T= Testemunha; SS= Superfosfato Simples; Arad= Fosfato de Arad; Gafsa= Fosfato de Gafsa; C. Norte= Fosfato da Carolina do Norte

Quando comparados os resultados obtidos com as duas espécies, soja e capim brizantão, é possível verificar uma tendência de maior eficiência na utilização de fosfatos naturais por parte da espécie leguminosa, principalmente no tocante à produção de matéria seca da parte aérea. Isso pode ser

explicado pelo reduzido pH rizosférico resultante da utilização de nitrogênio tendo como fonte o processo de fixação biológica (Malavolta *et al.*, 1997), podendo o pH da rizosfera, em alguns casos, apresentar valores de até 2,4 unidades menores que no solo não-rizosférico (Cardoso e Freitas, 1992), o que provocaria uma solubilização dos fosfatos ligados a cálcio, que é o caso dos fosfatos testados.

Nas condições em que foi realizado o experimento, conclui-se que: o solo utilizado mostrou-se extremamente deficiente em fósforo; em se tratando de um único cultivo, para ambas as espécies estudadas, uma gramínea e uma leguminosa, houve tendência de maior produção quando da aplicação de superfosfato simples, devido a uma disponibilidade imediata de fósforo e/ou, possivelmente, pelo fornecimento de enxofre; a elevada acidez do solo estudado não promoveu uma solubilização das fontes naturais testadas, classificadas como de alta eficiência agrônômica, a ponto de superar a fonte solúvel nesse primeiro cultivo.

Todos os adubos fosfatados de origem natural testados promoveram aumento na produção de matéria seca de ambas as espécies trabalhadas, sem diferirem estatisticamente. O fosfato de Arad se comparou ao superfosfato simples na produção de matéria seca da raiz de soja. A leguminosa utilizada apresentou-se mais eficiente na solubilização e, conseqüentemente, na utilização de fosfatos naturais em relação à gramínea.

Referências bibliográficas

- Cardoso, E.J.B.N.; Freitas, S.S. A rizosfera. In: Cardoso, E.J.N. (Coord.). *Microbiologia do Solo*. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1992. p.41-57.
- Chien, S.H.; Clayton, W.R.; McClellan, G.H. Kinetics of dissolution of phosphate rocks in soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 44:260-264, 1980.
- Embrapa. Manual de métodos de análise de solos. Rio de Janeiro: Serviço Nacional de Levantamento de Conservação de Solos, 1979.
- Ferreira, T.N.; Kaminski, J. Eficiência agrônômica dos fosfatos naturais de Patos-de-Minas e Gafsa puros e modificados por acidulação e calcinação. *Rev. Brasil. Cienc. Solo.*, 3:158-162, 1979.
- Fonseca, D.M. da; Gomide, J.A.; Alvarez, V.H.; Novais, R.F. de. Fatores que influenciam os níveis críticos de fósforo para o estabelecimento de gramíneas forrageiras: I. Casa de vegetação. *Rev. Brasil. Cienc. Solo.*, 21:27-34, 1997.
- Lehr, J.R.; McClellan, G.H. *A revised laboratory reactivity scale for evaluating phosphate rocks for direct application*: muscle Shoals, Alabama, National Fertilizer Development Center, 1972. 36p. (Bulletin Y-43).

- Léon, L.A.; Fenster, W.E.; Hammond, L.L. Agronomic potential of eleven phosphaste rocks from Brazil, Colombia, Peru and Venezuela. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 50:798-802, 1986.
- Malavolta, E.; Vitti, G.C.; Oliveira, S.A. de. *Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações*. Piracicaba: Potafos, 1997. 319p.
- Nakayama, L.H.I.; Caceres, N.T.; Alcarde, J.C.; Malavolta, E. Eficiência relativa de fontes de fósforo de diferentes solubilidades na cultura do arroz. *Sci. Agric.*, 55(2):183-190, 1998.
- Oliveira, E.L. de; Muzilli, O.; Ingue, K.; Tornero, M.T.T. Avaliação da eficiência agronômica de fosfatos naturais. *Rev. Brasil. Cien. Solo.*, 8:63-67, 1984.
- Raij, B. *Fertilidade do solo e adubação*. Piracicaba: Ceres; Potafos, 1991. 343p.
- Sanchez, P.A.; Logan, T.J. Myths and science about the chemistry and fertility of soils in the tropics. *Soil Sci. Soc. Am.*, 29:35-46, 1992.
- Vasconcelos, C.A.; Santos, H.L. dos; França, G.E. de; Pitta, G.V.E.; Bahia Filho, A.F.C. Eficiência agronômica de fosfatos naturais para a cultura do sorgo-granífero. I. fósforo total e solúvel em ácido cítrico e granulometria. *Rev. Brasil. Cien. Solo.*, 10:117-121, 1986.

Received on May 14, 1999.

Accepted on July 15, 1999.