

Efeito residual de fosfatos reativos em função de níveis saturação por bases do solo ⁽¹⁾

Edilson Carvalho Brasil⁽²⁾; Ana Júlia Mourão Salheb do Amaral⁽³⁾; Dayane Gomes dos Santos⁽³⁾; Letícia Cunha da Hungria⁽³⁾.

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos financeiros da Fundação Amazônia Paraense de Amparo à Pesquisa – FAPESPA.

⁽²⁾ Pesquisador; Embrapa Amazônia Oriental; Belém, PA; edilson.brasil@embrapa.br; ⁽³⁾ Graduanda do curso de Agronomia; Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA; Belém, PA.

RESUMO: A avaliação da eficiência de novos fertilizantes fosfatados representa uma alternativa para o Brasil, já que se faz necessário avançar nas técnicas que promovam o maior aproveitamento desses fertilizantes. O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito residual de fosfatos reativos em função dos níveis de saturação por bases do solo e sua influência na produção de matéria seca de soja. O experimento foi conduzido em casa de vegetação da Embrapa Amazônia Oriental, Belém-PA utilizando-se o delineamento experimental em blocos casualizados, em arranjo fatorial 5x2x4+2, correspondendo a cinco fontes de P (Arad, Itafós, Bayovar, termofosfato de alumínio e superfosfato triplo), duas doses de P (50 e 100 mg dm⁻³ de P₂O₅), quatro níveis de saturação por bases (15%, 30%, 60% e 120%), mais dois tratamentos adicionais (sem P, com saturação por bases igual a 15%; sem P, com saturação por bases igual a 60%). Os resultados permitem concluir que a aplicação de fontes fosfatadas reativas no primeiro cultivo, favoreceu a manutenção dos teores de P no solo para o cultivo subsequente, em relação à testemunha (sem P). A fonte solúvel apresentou as maiores produções de MSPA da soja, na maioria das combinações de doses de P e níveis de saturação por bases. Os fosfatos reativos apresentaram maior efeito residual quando aplicados nos menores níveis de saturação por bases (15% e 30%), favorecendo a obtenção de maiores índices de eficiência agrônômica.

Termos de indexação: fósforo, pH do solo, eficiência.

INTRODUÇÃO

A maioria dos solos brasileiros são conhecidos pela carência em fósforo e, devido à sua baixa disponibilidade, a produção de biomassa das plantas pode ser limitada pelos processos de adsorção/precipitação (Novais & Smyth, 1999). A utilização desses solos requer o manejo adequado da adubação fosfatada com vistas ao atendimento das necessidades nutricionais das culturas.

Os fosfatos naturais são fontes alternativas de fornecimento de P para as plantas, em relação aos fertilizantes fosfatados solúveis, por apresentarem

preços competitivos, o que tem despertado o interesse de produtores de diversas regiões do País nos últimos anos. Os fosfatos naturais de origem ígnea possuem baixa solubilidade e, em consequência, baixa eficiência agrônômica. No entanto, os fosfatos naturais de origem sedimentar possuem maior solubilidade e sua eficiência agrônômica depende da intensidade das reações no solo, além das características do próprio fosfato. A acidez do solo favorece a solubilização dos fosfatos reativos, aumentando sua eficiência, porém o inverso se verifica para os fosfatos solúveis em água, que se tornam indisponíveis para a planta, com o passar do tempo, devido à adsorção pelo solo (Sarmiento et al., 2002).

O maior aproveitamento de P proveniente desses fosfatos, pode variar em função dos baixos teores de P e Ca. Porém, a acidez do solo é um dos fatores que mais favorece a solubilização dos fosfatos reativos, aumentando sua eficiência (Sarmiento et al., 2002). Segundo Korndörfer (1978), os fosfatos naturais, em geral, apresentam menor eficiência que os fosfatos solúveis (industrializados) a curto prazo, porém a longo prazo seu efeito residual é geralmente maior. A avaliação da eficiência de fontes alternativas de fertilizantes fosfatados representa uma ação estratégica importante para o Brasil, em decorrência da necessidade de avançar nas técnicas que promovam o maior aproveitamento desses fertilizantes.

O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito residual de fosfatos reativos em função da aplicação de doses de P e de níveis de saturação por bases na cultura de soja.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação da Embrapa Amazônia Oriental, Belém-PA, utilizando-se amostra da camada superficial (0-20 cm) de um Latossolo Amarelo distrófico, textura média, com os seguintes atributos químicos e físicos: 4,5 de pH em água; 2 e 18 mg dm⁻³ de P e K (Mehlich 1), respectivamente; 0,4, 0,3 e 1,3 cmol_c dm⁻³ de Ca, Mg e Al, respectivamente; saturação por bases igual a 14,4%; 607, 183, 90 e 120 g kg⁻¹

de areia grossa, areia fina, silte e argila, respectivamente (Embrapa, 1997).

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com três repetições, em arranjo fatorial $5 \times 2 \times 4 + 2$, correspondendo a cinco fontes de P (Arad, Itafós, Bayovar, termofosfato de alumínio e superfosfato triplo), duas doses de P (50 e 100 mg dm^{-3} de P, com base no teor de P_2O_5 total), quatro níveis de saturação por bases (15%, 30%, 60% e 120%) e mais dois tratamentos adicionais (sem P, com 15% de saturação por bases; sem P, com 60% de saturação por bases).

Para elevar os índices de saturação por bases do solo, utilizou-se um calcário dolomítico com 91% de PRNT, 32% de CaO e 15% de MgO.

Foram utilizados vasos de plástico com capacidade de 5 dm^3 , que receberam $3,5 \text{ dm}^3$ de terra. Após a aplicação dos corretivos, o solo ficou em incubação por um período de 20 dias, com a umidade mantida próximo à capacidade máxima de retenção de água. Após a incubação, procedeu-se a aplicação dos tratamentos com P e todos os vasos receberam adubação básica com N, K e micronutrientes.

O primeiro cultivo foi realizado com milho por período de 48 dias. Para avaliação do efeito residual dos fosfatos, procedeu-se a semeadura de soja (BRS 326), colocando-se seis sementes por vasos e deixando-se duas plântulas, após o desbaste.

Aos 57 dias da semeadura, efetuou-se a colheita da soja, obtendo-se a produção de massa seca da parte aérea. O Índice de Eficiência Agronômica (IEA) dos fosfatos foi calculado segundo Goedert et al. (1986), empregando-se a relação percentual entre a produção de matéria seca da parte aérea propiciada pelos fosfatos reativos e pelo superfosfato triplo (SFT), aplicados na mesma dose, subtraindo-se de ambos a produção de matéria seca do tratamento sem adubação (testemunha).

As variáveis estudadas foram submetidas à análise de variância (teste F), ao nível de 5% de probabilidade. De acordo com a significância dos resultados, as médias das fontes e doses de P foram comparadas pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade, enquanto que os níveis de saturação por bases foram submetidos à análise de regressão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os teores de P no solo variaram em função da aplicação das doses e fontes fosfatadas testadas (**Tabela 1**). Após o cultivo com milho e antes da semeadura da soja, houve redução dos teores de P no solo, porém apresentaram valores superiores à testemunha (2 mg dm^{-3}), indicando efeito residual da

aplicação das fontes fosfatadas na cultura subsequente. Os maiores teores de P com aplicação dos fosfatos naturais reativos (Bayovar e Arad), em relação à fonte solúvel (STF) podem estar relacionados à solução extratora usada (Mehlich 1) na determinação do nutriente no solo. De acordo com Raij (1991), os extratores ácidos (Mehlich 1), superestimam a disponibilidade de P para as plantas, extraindo P que não foi solubilizado dos fosfatos naturais.

Os teores de Ca+Mg no solo aumentaram linearmente, à medida que houve aumento dos níveis de saturação por bases (V%), estimado pela equação: $y_{[\text{Ca}+\text{Mg}(\text{solo})]} = 0,479 + 0,0376V\%$ ($R^2=0,997$).

Tabela 1 - Teores de P (mg dm^{-3}) no solo determinado antes dos cultivos de milho e soja, em função da aplicação de doses de fosfatos em um Latossolo Amarelo distrófico.

Fonte fosfatada	Dose de P (mg dm^{-3})	
	50	100
Antes da semeadura do milho		
Bayovar	46 a B	84 a A
Arad	42 a B	86 a A
Super triplo	36 b B	75 b A
Itafós	22 c B	38 c A
Termofosfato de Al	13 d B	27 d A
Antes da semeadura da soja		
Bayovar	41 a B	70 a A
Arad	39 a B	58 b A
Super triplo	26 b B	55 b A
Itafós	19 c B	32 c A
Termofosfato de Al	14 c B	28 c A

* médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem significativamente entre si, pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$).

A produção de massa seca da parte aérea (MSPA) das plantas de soja foi influenciada pela interação de fontes, doses de P e V% (**Tabela 2**). Na maioria dos níveis de (V%) e doses de P, o fosfato solúvel (SFT) promoveu as maiores produções de MSPA da soja, em relação aos demais fosfatos.

Comparando-se as fontes reativas, nos maiores níveis de V% (60% e 120%), a produção de massa seca pouco diferiu entre os fosfatos avaliados. No entanto, nos menores níveis de V% (15% e 30%), os fosfatos de Bayovar e Arad foram superiores aos demais, indicando seu potencial de uso em solos com maior acidez.

Os índices de eficiência agronômica (IEA) dos fosfatos reativos, estimados com base na MSPA, foram influenciados pelas doses de P e níveis de



V%. Em termos médios, o aumento do valor da V% de 15% a 60% promoveu a redução nos índices de eficiência agrônômica dos fosfatos, que passaram de 58% a 16%, respectivamente. Esses resultados indicam a ação restritiva da redução da acidez do solo na disponibilização de P dessas fontes fosfatadas. O menor IEA, obtido com maior valor de V%, pode ser devido à fatores como, maiores valores de pH do solo e de teores de Ca+Mg, afetando a dissolução dos fosfatos naturais reativos (Sousa et al., 1999; PIAIA et al., 2002).

Na maioria das combinações de doses de P e níveis de V%, os fosfatos Bayovar e Arad apresentaram os maiores IEA, com destaque para o primeiro, que foi significativamente superior às demais fontes de P (**Figura 1**), além de apresentar maior eficiência, em relação ao fosfato padrão (SFT), quando aplicados na dose de 100 mg dm⁻³. Este fosfato possui origem sedimentar e orgânica, formado pela deposição e posterior decomposição de restos de animais marinhos, sendo proveniente da região de Bayovar, no Peru. De acordo com Kaminski & Peruzzo (1997), os fosfatos de origem sedimentar (Bayovar e Arad) possuem história geológica complexa e variada, podendo ser detríticos, precipitados químicos ou conter quantidades significativas de apatita fóssil (orgânica) e os minerais predominantes são apatitas com alto grau de substituições isomórficas de fosfato por carbonato, resultando num cristal imperfeito, poroso e com baixa energia entrópica, podendo ser facilmente hidrolizado e com maior solubilidade.

A maior eficiência dos fosfatos reativos (Bayovar e Arad) e sua resposta no cultivo da soja, indica o efeito residual dessas fontes, em relação ao fosfato padrão.

CONCLUSÕES

A aplicação de fontes fosfatadas reativas no primeiro cultivo, favorece a manutenção de maiores teores de P no solo para o cultivo subsequente, em relação à testemunha (sem P).

A fonte solúvel apresenta maiores produções de MSPA da soja, na maioria das combinações de doses de P e níveis de V%.

Os fosfatos reativos apresentam maior efeito residual quando aplicados nos menores níveis de V% (15% e 30%), favorecendo a obtenção de maiores índices de eficiência agrônômica.

REFERÊNCIAS

EMBRAPA. Manual de métodos de análise de solo.

2.ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997. 212p. (Embrapa-CNPS. Documentos, 1).

GOEDERT, W.J; SOUSA, M.G de ; REIN, T.A. Princípios metodológicos para avaliação agrônômica de fontes de fósforos. Planaltina: Embrapa CPAC, 1986. 23p.

KAMINSKI, J. & PERUZZO, G. Eficácia de fosfatos naturais reativos em sistemas de cultivo. Santa Maria(RS): Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1997. 31p. (Boletim Técnico no.3).

KORNDÖRFER, G.H. Capacidade de fosfatos naturais e artificiais fornecerem fósforo para plantas de trigo. Porto Alegre: UFRGS, 1978. 66p. (Tese Mestrado).

NOVAIS, F.R. & SMYTH, T.J. Fósforo em solo e planta em condições tropicais. Viçosa: UFV, 1999. 399p.

PIAIA, F.L.; REZENDE, P.M. de; FURTINI NETO, A.E.; FERNANDES, L.A.; CORRÊA, J.B. eficiência da adubação fosfatada com diferentes fontes e saturações por bases na cultura da soja [*Glycine max* (L.) MERRILL]. *Ciência e Agrotecnologia*, 26(3):488-499, 2002.

RAIJ, B.VAN. Fertilidade do solo e adubação. Piracicaba: Agrônômica Ceres, 1991. 343p.

SARMENTO, P., CORSI, M., CAMPOS, F.P.. Eficiência do fosfato natural de Gafsa associado à calagem e gesso e sintomas nutricionais da alfafa, *Medicago sativa* L. *Acta Scientiarum*, 24(4):1155-1161, 2002.

SOUSA, D.M.G.; REIN, T.A.; LOBATO, E.; SOARES, W.V. Eficiência agrônômica do fosfatos naturais na região dos cerrados. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO. 27., 1999. Anais. Brasília:SBSCS, 1999. CD-ROM.

Tabela 2 - Massa seca (g) da parte aérea plantas de soja em função da aplicação de fosfatos em duas doses de P e níveis crescentes de saturação por bases.

Fonte	Saturação por bases (%)			
	15	30	60	120
Sem P	0,38	0,82		
50 mg dm ⁻³ P ₂ O ₅				
Supertriplo	1,25 a	2,33 a	2,62 a	2,77 a
Bayovar	1,05 a	1,58 b	1,50 b	1,19 b
Arad	0,92 a	1,35 b	1,15 b	1,03 b
Itafós	0,71 a	0,62 c	0,79 b	0,92 b
Termofosfato Al	0,68 a	2,48 a	0,89 b	1,11 b
100 mg dm ⁻³ P ₂ O ₅				
Supertriplo	2,30 a	4,13 a	4,43 a	5,48 a
Bayovar	2,88 a	3,17 b	2,63 b	0,81 b
Arad	1,70 b	1,82 c	1,13 c	0,79 b
Itafós	1,18 c	0,83 d	1,30 c	1,04 b
Termofosfato Al	0,70 c	0,78 d	1,27 c	1,32 b

* médias seguidas de mesma letra na coluna comparam fontes dentro de cada dose de P e nível de V%, não diferem significativamente entre si, pelo teste de Scott-Knott (P<0,05).

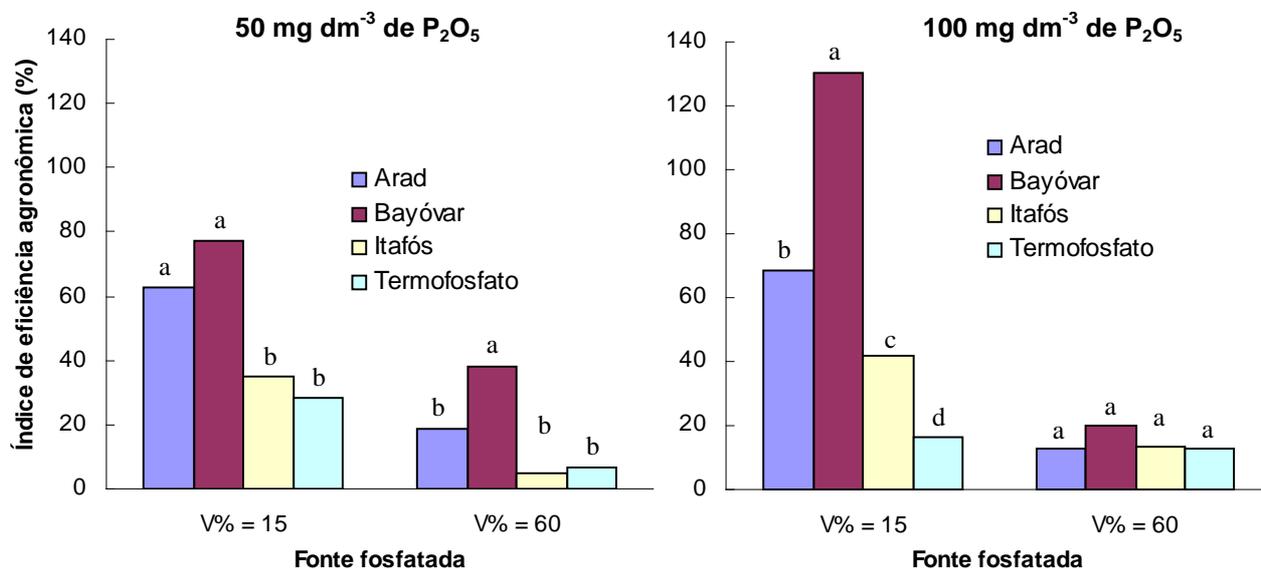


Figura 1 - Índice de eficiência agrônômica de fontes fosfatadas, estimado com base na massa seca da parte aérea plantas de soja, em função de doses de P, em dois níveis de saturação por bases. Médias seguidas de mesma letra comparam fontes dentro de cada dose de P e V%, não diferem significativamente entre si, pelo teste de Scott-Knott (P<0,05).