

Eficiência de fosfatos reativos associados à fonte solúvel de fósforo na sucessão milho/soja⁽¹⁾.

Edilson Carvalho Brasil⁽²⁾; Adilson de Oliveira Júnior⁽³⁾; Maria da Conceição Santana Carvalho⁽⁴⁾; Dayane Gomes dos Santos⁽⁵⁾; Ana Júlia Mourão Salheb do Amaral⁽⁵⁾; Letícia Cunha da Hungria⁽⁵⁾.

⁽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⁾ Pesquisador; Embrapa Soja; Londrina, PR; adilson.oliveira@embrapa.br; ⁽⁴⁾ Pesquisadora; Embrapa Arroz e Feijão; Santo Antônio de Goiás, GO; maria.carvalho@embrapa.br; ⁽⁵⁾ Graduanda do curso de Agronomia; Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA; Belém, PA.

RESUMO: A baixa disponibilidade de P no solo representa uma das principais limitações à produção nas regiões tropicais. Embora, os fosfatos naturais reativos tenham reação mais lenta no solo, podem apresentar efeito residual compensatório e o somatório da sua eficiência, estimado por períodos longos, pode se igualar aos fosfatos solúveis. Objetivou-se avaliar a eficiência da aplicação de fosfatos reativos associados à fonte solúvel de fósforo na sucessão milho/soja. O experimento foi conduzido em área da Embrapa Amazônia Oriental, em Paragominas (PA), em Latossolo Amarelo distrófico, utilizando-se o delineamento em blocos casualizados, em parcelas subdivididas. Nas parcelas, utilizaram-se quatro fontes fosfatadas corretivas (fosfato de Itafós, Bayóvar, termofosfato de alumínio e superfosfato triplo), mais um tratamento sem P. Nas subparcelas, utilizaram-se três níveis de adubação de manutenção, com superfosfato triplo (SFT) nas doses de 60% e 120% da adubação recomendada (90 kg ha⁻¹ de P₂O₅), mais um tratamento controle (sem adubação). Conforme os resultados, a aplicação de fontes fosfatadas, tanto em fundação, como em sulcos de plantio promoveu o aumento dos teores de P no solo. A aplicação de Bayóvar em fundação promoveu maior produção de grãos de milho, em relação aos demais fosfatos reativos. No cultivo do milho não houve efeito de suplementação da fonte solúvel sobre fosfatos reativos. Na cultura da soja, o maior efeito residual foi verificado com a aplicação de Bayóvar em fundação e apresentar ação suplementar com a aplicação da fonte solúvel (SFT) no sulco de plantio.

Termos de indexação: fertilizante, efeito residual, supertriplo.

INTRODUÇÃO

Os solos das regiões tropicais apresentam fatores que condicionam a baixa produtividade das culturas, dentre os quais se destaca a baixa disponibilidade de fósforo (P) às plantas, ocasionada pelo elevado poder de adsorção/precipitação do nutriente (Novais & Smyth, 1999).

As fontes de P mais usadas no Brasil são os superfosfatos e fosfatos de amônio, que possuem elevada solubilidade em água. No entanto, além de serem fosfatos caros, são mais suscetíveis às reações de fixação no solo, em comparação aos fosfatos naturais reativos. No Brasil, esses fosfatos são comercializados como fonte alternativa e além de possuírem custo mais baixo, tem apresentado maior efeito residual no solo (Sousa et al., 2008).

Considerando que os fosfatos solúveis são fontes mais eficientes, do que os fosfatos naturais em curto prazo, a sua maior eficiência agrônômica está diretamente associada com a maior solubilidade (Goedert et al., 1986). Embora, os fosfatos naturais reativos tenham uma reação mais lenta no solo, podem apresentar um efeito residual compensatório e o somatório da sua eficiência, quando estimada por períodos longos, pode se igualar aos fosfatos solúveis (Kaminski & Peruzzo, 1997).

A busca de estratégias para aumentar a eficiência das adubações fosfatadas para as culturas de interesse econômico no Brasil tem sido uma constante preocupação entre os especialistas, principalmente a partir da crise econômica mundial de 2008 que induziu um grande aumento nos preços dos fertilizantes no País. Alternativamente, a aplicação combinada de fosfatos reativos que possuem menor solubilidade, com fontes de fósforo com elevada solubilidade, pode ser uma maneira de melhorar a eficiência dos fosfatos reativos, permitindo a redução dos custos da adubação.

O objetivo do trabalho foi avaliar a eficiência da aplicação de fosfatos reativos associados à fonte solúvel de fósforo no aproveitamento do nutriente na sucessão milho/soja.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido no Campo experimental da Embrapa Amazônia Oriental, no município de Paragominas (PA), em um Latossolo Amarelo distrófico, textura muito argilosa, com os seguintes atributos químicos na profundidade de 0-20 cm: pH (H₂O) igual a 5,5; matéria orgânica igual a 21,9 g kg⁻¹

¹; P e K (Mehlich 1) iguais a 2 e 72 mg dm⁻³, respectivamente; Ca, Ca+Mg, Al e CTC iguais a 3,1; 4,0; 0,3 e 10,1 cmol_c dm⁻³, respectivamente. As características granulométricas foram: 13 g kg⁻¹ de areia grossa, 27 g kg⁻¹ de areia fina, 260 g kg⁻¹ de silte e 700 g kg⁻¹ de argila (Embrapa, 1997).

Utilizou-se o delineamento experimental em blocos casualizados, com quatro repetições, em parcelas subdivididas. Nas parcelas foram testadas quatro fontes fosfatadas corretivas (fosfato de Itafós, Bayóvar, termofosfato de alumínio, e superfosfato triplo), mais um tratamento controle (ausência de P). Nas subparcelas foram testadas três níveis de adubação de manutenção, utilizando-se o superfosfato triplo (SFT) como fonte solúvel, nas doses de 60% e 120% da adubação recomendada para o estado do Pará (90 kg ha⁻¹ de P₂O₅), além de um tratamento sem adubação (testemunha sem P). Os fosfatos corretivos foram aplicados na dose de 240 kg ha⁻¹ de P₂O₅, a lançar em fundação, antes do primeiro cultivo, a fonte solúvel foi aplicada de forma localizada, em sulcos de plantio.

Procedeu-se a correção da acidez do solo por meio da aplicação de calcário, utilizando-se o critério de elevação da saturação por base para 60%.

A semeadura do milho (BRS 1040) foi realizada em seis linhas de sete metros de comprimento, 70 cm entrelinhas e cinco sementes por metro linear. Para avaliação do efeito residual, a soja (BRS Simbaíba) foi semeada com oito linhas de sete metros, 50 cm entrelinhas e 10 sementes por metro linear. Todas as parcelas receberam adubação complementar com 120 kg ha⁻¹ de N, 90 kg ha⁻¹ de K₂O e 40 kg ha⁻¹ de FTE BR-12.

Os dados foram submetidos à análise de variância (teste F) e o efeito das fontes fertilizantes e níveis dos fosfatos foram avaliados por meio de análise comparativa de médias, através do teste Scott-knott, ao nível de 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A aplicação de fontes fosfatadas, tanto em fundação como em sulcos de plantio promoveu o aumento dos teores de P no solo (**Tabela 1**). Os maiores teores do nutriente foram obtidos com o fosfato Bayóvar, independentemente da forma de aplicação (fundação ou em sulco). No entanto, o teor médio de P na ausência da adubação de manutenção foi semelhante aos teores com aplicação de 60% e 120% da dose recomendada (90 kg ha⁻¹), o que pode ser devido à solução extratora usada (Mehlich 1) na determinação do nutriente. De acordo com Raij et al. (1982), os extratores ácidos, como o Mehlich 1, não são

indicados para solos que receberam aplicação de fosfatos naturais, por superestimarem a disponibilidade de P para as plantas, extraindo P ainda não solubilizado dos fosfatos naturais.

Os teores de P nos tratamentos que receberam aplicação da fonte solúvel (SFT) foram inferiores aos com aplicação de Bayóvar, que por sua vez foram superiores aos demais fosfatos usados. A aplicação de termofosfato de alumínio promoveu os menores teores de P no solo, dentre os fertilizantes usados, indicando a baixa capacidade em liberar o nutriente para as plantas. Em geral, a aplicação de doses suplementares da fonte solúvel (SFT) sobre as fontes usadas em fundação, favoreceu o aumento dos teores de P no solo.

A altura de plantas de milho foi influenciada pela interação da aplicação de fontes fosfatadas corretivas versus adubação de manutenção (**Tabela 2**). A aplicação corretiva com SFT promoveu o maior crescimento das plantas, em relação às demais fontes, tanto na ausência, como na presença de adubação de manutenção. Na ausência de adubação de manutenção, a aplicação do fosfato Bayóvar apresentou o segundo melhor crescimento em altura, observando-se incrementos à medida que aumentaram as doses de manutenção. Os demais fertilizantes pouco diferiram em relação ao tratamento controle (sem adubação corretiva), indicando a baixa eficiência destes.

A interação das formas de aplicação das fontes fosfatadas versus dose influenciou a produção de grãos de milho e de soja. Independentemente da forma de aplicação, o SFT promoveu as maiores produções de grãos de milho (**Tabela 3**), indicando que a fonte solúvel foi mais eficiente que os fosfatos reativos como fonte de P, em qualquer dose ou forma de aplicação. Resultados semelhantes foram obtidos por Kaminski & Peruzzo (1997) que testaram a aplicação de SFT em suplementação ao fosfato Arad, o que está associado à eficiência da fonte solúvel em solos com acidez corrigida.

Na ausência da adubação de manutenção, a aplicação em fundação do fosfato Bayóvar superou os demais fosfatos reativos, em termos de produção de grãos de milho, sendo inferior apenas ao SFT, usado como padrão de comparação, indicando a ação corretiva da fonte de P no solo.

Com a aplicação da adubação de manutenção não houve diferença significativa na produção de grãos de milho entre os fosfatos reativos, os quais se igualaram estatisticamente à produção apresentada pela testemunha absoluta (sem aplicação de P). Esses resultados indicam que não foi observado o efeito de complementação da fonte solúvel sobre as reativas, já que não diferiram do tratamento sem adubação corretiva (testemunha).

Considerando-se os teores de P no solo



(Tabela 1), os resultados de produção de grãos reforçam a tese de que os extratores ácidos superestimam a disponibilidade de P para as plantas, já que os valores obtidos com a aplicação do fosfato Bayóvar foram muito superiores aos obtidos com o SFT, mas não foram confirmados pela produção de grãos de milho desses tratamentos.

No segundo cultivo agrícola (Tabela 3), a ausência da adubação de manutenção permitiu observar o maior efeito residual do fosfato Bayóvar, que apresentou produção de grãos de soja superior às demais fontes reativas, porém sem diferir significativamente da produção obtida com o SFT. O fosfato de Itafós e o termofosfato de alumínio também apresentaram efeito residual, já que foram significativamente superiores à testemunha (sem adubação corretiva).

Quando foram adicionadas doses suplementares de SFT sobre as fontes reativas, os incrementos na produção de grãos de soja foram maiores, do que o tratamento que não recebeu adubação corretiva, somente na dose de 60% da quantidade recomendada. Isso demonstra que a ação combinada do efeito residual das fontes reativas mais a ação suplementar da fonte solúvel aplicada com baixa quantidade de P, favorece a obtenção de produtividades satisfatórias da cultura no segundo ciclo agrícola.

Com a aplicação da maior dose suplementar (120% da quantidade recomendada), o fosfato Bayóvar foi superior aos demais na produção de grãos de soja, os quais não diferiram significativamente entre si. Os resultados indicam o potencial do fosfato Bayóvar em suprir as necessidades de fósforo para as plantas, na correção dos teores de P no solo, demonstrando sua maior eficácia na construção da fertilidade de solos com baixos teores iniciais de P.

CONCLUSÕES

A aplicação de fontes fosfatadas, tanto em fundação como em sulcos de plantio promove o aumento dos teores de P no solo.

A aplicação do fosfato Bayóvar em fundação promove maior produção de grãos de milho, em relação aos demais fosfatos reativos.

No cultivo do milho não ocorre efeito de suplementação da fonte solúvel sobre os fosfatos reativos.

Na cultura da soja, o efeito residual aumenta com a aplicação do fosfato Bayóvar em fundação e apresenta ação suplementar com a aplicação da fonte solúvel (SFT) no sulco de plantio.

REFERÊNCIAS

EMBRAPA-CNPS. Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997. 212p. (Embrapa-CNPS. Documentos, 1).

GOEDERT, W.J.; REIN, T.A.; SOUSA, D.M.G. Eficiência agrônômica de fertilizantes fosfatados não tradicionais. EMBRAPA-CPAC, Planaltina, DF. 21p. (Documentos, 24). 1986.

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

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

RAIJ, B. van.; ROSAND, P.C.; LOBATO, E. Adubação fosfatada no Brasil: apreciação geral, conclusões e recomendações. In: EMBRAPA-DID. Adubação fosfatada no Brasil. 1982. 326p. (Documentos, 21).

RAIJ, B. van.; ROSAND, P.C.; LOBATO, E. Adubação fosfatada no Brasil: apreciação geral, conclusões e recomendações. In: EMBRAPA-DID. Adubação fosfatada no Brasil. 1982. 326p. (Documentos, 21).

SOUSA, D.M.G. de; REIN, T.A.; LOBATO, E. Solubilidade e eficiência agrônômica de fosfatos naturais reativos avaliados com a cultura da soja em um Latossolo de Cerrado. In: SIMPÓSIO NACIONAL DO CERRADO, 9.; SIMPÓSIO INTERNACIONAL SAVANAS TROPICAIS, 2., 2008, Brasília. Desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais: anais. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2008.

Tabela 1 – Teor de fósforo (mg dm^{-3}) no solo em função da aplicação de fertilizantes fosfatados reativos associados à fonte solúvel na adubação corretiva e de manutenção.

| Fonte corretiva (240 kg ha^{-1}) | Adubação de manutenção (90 kg ha^{-1}) | | |
|--|--|-----|------|
| | Ausência | 60% | 120% |
| Bayóvar | 21 | 20 | 19 |
| Superfosfato triplo | 12 | 14 | 17 |
| Itafós | 9 | 11 | 15 |
| Termofosfato de alumínio | 4 | 9 | 10 |
| Sem adubação corretiva | 3 | 3 | 7 |

Tabela 2 – Altura de plantas de milho (cm) em função da aplicação de fertilizantes fosfatados reativos associados à fonte solúvel na adubação corretiva e de manutenção.

| Fonte corretiva (240 kg ha^{-1}) | Adubação de manutenção (90 kg ha^{-1}) | | |
|--|--|---------|---------|
| | Ausência | 60% | 120% |
| Superfosfato triplo | 208 a A | 217 a A | 216 a A |
| Bayóvar | 123 b B | 153 a B | 165 a B |
| Termofosfato de alumínio | 92 b C | 155 a B | 169 a B |
| Itafós | 87 b C | 156 a B | 164 a B |
| Sem adubação corretiva | 72 c D | 132 b C | 164 a B |

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na linha e maiúsculas na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$).

Tabela 3 – Produção de grãos (kg ha^{-1}) de milho e soja em função da aplicação de fertilizantes fosfatados reativos associados à fonte solúvel na adubação corretiva e de manutenção.

| Fonte corretiva (240 kg ha^{-1}) | Adubação de manutenção (90 kg ha^{-1}) | | |
|--|--|-----------|----------|
| | Ausência | 60% | 120% |
| | Produção de milho | | |
| Superfosfato triplo | 8616 b A | 10866 a A | 9925 a A |
| Bayóvar | 3638 b B | 5850 a B | 7079 a B |
| Termofosfato de alumínio | 940 b C | 5520 a B | 6015 a B |
| Itafós | 515 b C | 5283 a B | 6270 a B |
| Sem adubação corretiva | 597 c C | 4104 b B | 6309 a B |
| | Produção de soja | | |
| Superfosfato triplo | 2449 b A | 3280 a A | 3229 a B |
| Bayóvar | 2306 b A | 3282 a A | 3351 a A |
| Itafós | 1065 b B | 2904 a A | 3121 a B |
| Termofosfato de alumínio | 799 b B | 3176 a A | 3207 a B |
| Sem adubação corretiva | 309 c C | 2253 b B | 3267 a B |

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na linha e maiúsculas na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$).