

## FONTES E MODOS DE APLICAÇÃO DE FÓSFORO PARA O MILHO EM SOLO CULTIVADO DA REGIÃO DO CERRADO: RESPOSTA ACUMULADA DE TRÊS CULTIVOS

Antonio Eduardo Furtini Neto<sup>(1)</sup>, Álvaro Vilela de Resende<sup>(2)</sup>, Vera Maria Carvalho Alves<sup>(3)</sup>, Joel Augusto Muniz<sup>(1)</sup>, Nilton Curi<sup>(1)</sup>, Leandro Flávio Carneiro<sup>(1)</sup>, José Zilton Lopes Santos<sup>(1)</sup>, Fabiano José do Lago<sup>(1)</sup>. <sup>(1)</sup>UFLA, Departamento de Ciência do Solo, 37200-000, Lavras – MG, [afurtini@ufla.br](mailto:afurtini@ufla.br); <sup>(2)</sup>Embrapa Cerrados, 73301-970, Planaltina – DF, [alvaro@cpac.embrapa.br](mailto:alvaro@cpac.embrapa.br); <sup>(3)</sup>Embrapa Milho e Sorgo, 35701-970, Sete Lagoas – MG.

O eficiente manejo da adubação fosfatada representa um aspecto fundamental e um desafio para exploração agrícola dos solos brasileiros. A escolha da fonte de fósforo está relacionada tanto à eficiência em suprir as necessidade das plantas, quanto ao custo do fertilizante. O método de aplicação apresenta grande importância em solos com baixo teor do nutriente e que possuem alta capacidade de fixação, caso típico dos solos de cerrado. Em solos já adubados anteriormente, os efeitos do manejo podem diferir daqueles observados em áreas novas. Apesar dos numerosos estudos com adubação fosfatada, ainda permanecem dúvidas, principalmente quanto à aplicação direta dos fosfatos naturais importados e nacionais. Esse aspecto tem sido motivo de controvérsias. Os resultados de pesquisa e as indicações técnicas para uso desses produtos (Lopes, 1999; Novais, 1999) ainda suscitam dúvidas sobre a melhor forma de utilização. No presente trabalho, objetivou-se comparar fertilizantes fosfatados em diferentes modos de aplicação para o milho em três cultivos sucessivos num solo de cerrado já cultivado.

A área experimental, localizada na Fazenda Boa Vista, em Itumirim – MG, apresenta Argissolo Vermelho distrófico típico (Podzólico Vermelho-Escuro) textura argilosa. O local foi anteriormente cultivado e adubado, sendo que, há cerca de dez anos, não era utilizado para lavouras, permanecendo coberto por vegetação espontânea dominada por capim braquiária e servindo ao pastejo bovino. Antes da instalação do experimento o solo apresentava baixa disponibilidade de fósforo pelos extratores Mehlich 1 ( $2,0 \text{ mg dm}^{-3}$ ) e resina de troca iônica ( $7,8 \text{ mg dm}^{-3}$ ).

O estudo consistiu da avaliação das respostas ao fornecimento de  $180 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ , testando-se quatro fosfatos (ST – superfosfato triplo, TM – termofosfato magnesiano Yoorin, FR – fosfato reativo de Arad, e FA – fosfato natural de Araxá) em três modos de aplicação (a lanço e incorporado em área total no 1º ano, localizada no sulco no 1º ano, e parcelada no sulco em três anos). No terceiro modo de aplicação, a dose total de  $180 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  foi dividida em aplicações anuais no sulco de semeadura, fornecendo-se, portanto,  $60 \text{ kg ha}^{-1}$  de

P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> a cada cultivo. O fósforo foi fornecido considerando-se os teores totais do nutriente nas fontes.

O experimento foi instalado em delineamento de blocos casualizados com quatro repetições, num arranjo fatorial 4x3+1, combinando as quatro fontes de fósforo e as três formas de aplicação, mais uma testemunha sem fornecimento de fósforo (tratamento adicional). As parcelas foram delimitadas com área total de 27 m<sup>2</sup> (4,5 x 6 m), correspondendo a cinco linhas de milho com 6 m de comprimento e 0,9 m espaçadas entre si. Foram utilizados híbridos triplos da Embrapa Milho e Sorgo (HT 9710-11, HT 7105-3 e BRS 3003, respectivamente, nos anos agrícolas 2000/2001, 2001/2002 e 2002/2003). Para o segundo e terceiro cultivos, não foi feito preparo do solo, sendo os sulcos de semeadura abertos com enxada, seguindo sua localização original.

Após três cultivos de milho, os dados de produção de grãos foram totalizados, calculando-se os resultados cumulativos. Após a colheita da terceira safra, foi feita amostragem de solo para análise (dez amostras simples por parcela), determinando-se o P-resina, de forma a quantificar o residual referente a cada tratamento.

Não houve diferença entre fontes, considerando o modo de aplicação a lanço ou no sulco (Tabela 1). Quando a adubação no sulco foi parcelada, o fosfato reativo (FR) e o fosfato de Araxá (FA) foram as fontes que proporcionaram, respectivamente, a maior e a menor produção, mas ambas não diferiram estatisticamente do superfosfato triplo (ST) e do termofosfato (TM).

Somente para o FR, o rendimento de grãos dependeu de como o adubo foi distribuído. Melhores respostas foram obtidas conforme a seqüência dos modos de aplicação: a lanço em área total < localizada no sulco < parcelada no sulco (Tabela 1). A aplicação e incorporação do FR a lanço em área total não foi a melhor opção, possivelmente, devido ao contato do adubo com maior volume de solo ocasionar a fixação do fósforo liberado, antes que o nutriente pudesse ser absorvido pelo milho. A distribuição de forma localizada no sulco de semeadura e de uma só vez parece ter condicionado elevada concentração dos produtos da dissolução, Ca<sup>2+</sup> e H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup>, saturando o ambiente de reação do fosfato e restringido a própria solubilização. Quando a aplicação no sulco foi parcelada, o fornecimento de 60 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> a cada cultivo não comprometeu a solubilização do fosfato e o P liberado próximo à zona de crescimento das raízes do milho foi suficiente para atender à demanda da cultura nas condições de solo da área experimental. O mesmo não ocorreu com o uso do FA, evidenciando grande diferença entre os dois fosfatos nesse modo de aplicação. Na realidade, a produção final proporcionada pelo FA foi semelhante nos três métodos de aplicação,

indicativo de que a limitada solubilidade deve ser o principal fator condicionante da eficiência desse tipo de fosfato, independente do manejo da adubação.

Tabela 1. Produção de grãos ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) em função de fontes e modos de aplicação de fósforo na cultura do milho (acumulada de três cultivos).

Fontes de P	Modos de aplicação		
	Lanço	Sulco	Sulco Parcelado
ST	17.998 a A	18.413 a A	17.786 ab A
TM	18.065 a A	19.171 a A	17.609 ab A
FR	16.476 a B	17.925 a AB	19.433 a A
FA	16.920 a A	17.189 a A	15.827 b A
Testemunha	12.535 **		

Médias seguidas de mesmas letras minúsculas nas colunas ou maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

\*\* = média do tratamento-testemunha difere (<) em relação à média do fatorial (Teste F,  $p < 0,01$ ).

As respostas cumulativas expressaram bem a tendência que vinha sendo delineada nos resultados isolados observados ao longo dos três cultivos, qual seja, com o tempo, os efeitos de fontes e modos de aplicação de fósforo perdem importância e praticamente anulam-se as diferenças iniciais entre tratamentos.

É importante ressaltar que, embora não revelada pelos extratores, a condição de fertilidade do solo previamente à instalação do experimento (residual de antigas adubações) deve ter contribuído de forma expressiva para o nivelar os efeitos dos tratamentos. Prova disso, é a considerável magnitude das respostas observadas no tratamento-testemunha (Tabela 1). A eficiência genotípica e as condições climáticas também influenciaram os resultados do experimento (Resende, 2004).

Os tratamentos com aplicação da dose total dos fosfatos a lanço ou no sulco, no primeiro ano, não provocaram grandes alterações nos valores de P-disponível residual (Tabela 2). Por outro lado, excetuando-se o fosfato de Araxá, a estratégia de fornecimento do P de forma parcelada no sulco foi mais efetiva em manter o efeito residual, provavelmente devido à condição diferencial de exposição dos fosfatos à interação com o solo (menor tempo de contato). Maior efeito residual foi propiciado pelo fosfato reativo parcelado e deve ser resultante de uma velocidade de liberação de P que, aparentemente, minimizou os processos de fixação do nutriente pelo solo.

Tabela 2. Fósforo disponível residual ( $\text{mg dm}^{-3}$ ) em função de fontes e modos de aplicação de fósforo, após três cultivos de milho (extraído com resina de troca iônica).

Fontes de P	Modos de aplicação		
	Lanço	Sulco	Sulco Parcelado
ST	10,0 a B	10,2 a B	17,1 b A
TM	9,7 a B	10,5 a B	16,3 bc A
FR	12,1 a B	13,2 a B	24,9 a A
FA	9,8 a A	11,1 a A	12,0 c A
Testemunha	8,7 **		

Médias seguidas de mesmas letras minúsculas nas colunas ou maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

\*\* = média do tratamento-testemunha difere (<) em relação à média do fatorial (Teste F,  $p < 0,01$ ).

Conclui-se que, em médio prazo, os retornos em produtividade proporcionados pelo uso de fontes com diferentes graus de solubilidade, num determinado modo de aplicação, foram semelhantes (Tabela 1). Para as fontes de maior solubilidade (ST e TM) não mais importa o modo de aplicação. O uso do FR no sulco de plantio mostrou-se bastante promissor. Menores rendimentos foram obtidos com o FA, sendo que, no caso dessa fonte, parece não haver vantagem para nenhum dos métodos de aplicação.

Nas condições de solo, clima e manejo geral da área e para os tetos de produtividade alcançados no experimento (em torno de  $8 \text{ t ha}^{-1}$  de grãos no segundo cultivo), ficou clara a conveniência de se adotar a estratégia de adubação parcelada no sulco, como forma de otimizar o manejo da fertilidade do solo.

#### Literatura Citada

LOPES, A.S. Fosfatos naturais. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G. & ALVAREZ V., V.H. (eds). Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5a aproximação. Viçosa, Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p.65-66.

NOVAIS, R.F. Utilização de fosfatos naturais de baixa reatividade. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G. & ALVAREZ V., V.H. (eds). Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5a aproximação. Viçosa, Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p.62-64.

RESENDE, A.V. Fontes e modos de aplicação de fósforo para o milho em solo cultivado da região do Cerrado. Lavras: UFLA, 2004. 157p. (Tese – Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas).