



## Efeito Residual da Adubação Fosfatada a Lanço na Cultura da Soja<sup>(1)</sup>

**Danilo Silva Almeida<sup>(2)</sup>; Lucas Benes Delai<sup>(3)</sup>; Gustavo Henrique de Menezes Bacco<sup>(3)</sup>;  
Ciro Antonio Rosolem<sup>(4)</sup>.**

<sup>(1)</sup> Trabalho executado com recursos da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP)

<sup>(2)</sup> Estudante de doutorado em Agronomia/Agricultura; Faculdade de Ciências Agronômicas – FCA/UNESP; Botucatu, São Paulo; (daniloalmeida@fca.unesp.br); <sup>(3)</sup> Estudantes de graduação em Eng. Agrônômica; FCA/UNESP; <sup>(4)</sup> Professor Titular do Departamento de Produção e Melhoramento Vegetal; FCA/UNESP.

**RESUMO:** A adubação fosfatada à lanço resulta em baixa eficiência de uso do P em sistema sem revolvimento do solo, pois limita o efeito da adubação à uma camada muito estreita e próxima da superfície. Porém, a longo prazo, há a possibilidade de redistribuição do P no perfil do solo em sistema semeadura direta. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito residual de adubações fosfatadas sob a cultura da soja em sistema semeadura direta. Foi dado continuidade a um experimento de longa duração localizado Fazenda Experimental Lageado (FCA/UNESP), Botucatu/SP. Adotou-se o delineamento experimental de blocos casualizados em parcelas sub-divididas. Os tratamentos nas parcelas correspondem ao efeito residual de duas fontes de P (Fosfato natural reativo de Arad - FNA, e Superfosfato Triplo - SFT) e um tratamento controle sem aplicação de P. Nas subparcelas os tratamentos correspondem às doses de P: 0, 30, e 60 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, aplicadas anualmente no sulco de semeadura de soja, com a fonte SFT. Após longo prazo, ainda é observado efeito residual da aplicação de fosfatos à lanço independente se a fonte é solúvel ou pouco solúvel. Não houve efeito das doses de P aplicadas na semeadura da soja nas parcelas que receberam aplicação a lanço de SFT. O efeito residual da aplicação a lanço de FNA não elimina a necessidade de aplicação de P na semeadura da soja. O efeito das doses de P aplicadas no sulco de semeadura é maior quando não há efeito residual de adubações fosfatadas a lanço.

**Termos de indexação:** Sistema Semeadura Direta, Fosfato Natural Reativo de Arad, Uso eficiente de fertilizantes.

### INTRODUÇÃO

O fósforo (P) é um dos nutrientes requeridos pelas plantas em maiores quantidades, entretanto é um dos mais imóveis no solo e também um dos mais indisponíveis em regiões tropicais, onde os solos são ricos em óxidos de ferro e alumínio e com pH baixo (Richter & Babbar, 1991).

Para alcançar uma maior eficiência no uso de fertilizantes fosfatados, diversos aspectos devem ser considerados, principalmente o quanto aplicar,

modo de aplicar, e tipo de fertilizante a ser aplicado. As formas mais comuns para a adubação fosfatada são: à lanço na superfície, com ou sem incorporação no solo; no sulco de semeadura; e em cova ou em faixa. A aplicação no sulco de semeadura é a forma mais utilizada para culturas anuais. Quando é necessário realizar a adubação de correção do solo, situação em que é necessária dose elevada de fertilizantes, a aplicação à lanço com incorporação de fosfatos naturais e parcialmente acidulados é a opção mais recomendada, pois promove melhor distribuição do fertilizante na camada superficial do solo, ao contrário do que ocorre na adubação no sulco de semeadura, que concentra o adubo e limita o acesso para apenas uma parte das raízes ao fertilizante. Já a resposta inicial para a aplicação à lanço em sistemas sem revolvimento do solo é muito baixa, pois o fósforo é imóvel no solo, e as raízes das plantas não tem acesso suficiente ao fertilizante (Sousa et al., 2010).

O baixo revolvimento no solo reduz o contato entre as partículas do solo e os íons fosfatos, resultando em menor reação de adsorção. O recobrimento da superfície do solo com resíduos vegetais é capaz de alterar a infiltração de água; a temperatura, a umidade, e a atividade biológica no solo; e também o movimento, distribuição, e disponibilidade de nutrientes no solo (Duiker & Beegle, 2006; Galvani et al., 2008; Calonego & Rosolem, 2013).

A mobilidade de íons fosfatos na solução do solo é muito baixa, devido aos mecanismos físicos e químicos que o atraem para a superfície dos colóides (Hinsinger, 2001). Por outro lado, após ser absorvido pelas raízes, o movimento do P no interior da planta é alto, e as raízes das plantas atuam como veículo de distribuição de P no perfil do solo. Dessa forma, em sistema de semeadura direta também tem sido observado o aumento do teor de P em camadas mais profundas do solo. Essa redistribuição de P no perfil tem sido atribuída à liberação de ácidos orgânicos, complexação do Al trocável, e decomposição de raízes no solo, (Hafner et al., 1993; Pavinato & Rosolem, 2008; Sousa et al., 2010; Almeida, 2014). Experimentos de longa duração têm oferecido maiores esclarecimentos sobre as transformações das formas de P no solo



quando avaliados com métodos de fracionamento químico, que consistem na extração sequencial de fósforo a partir de formas com menor estabilidade até aquelas com maior estabilidade e, portanto, menos disponíveis para as plantas (Almeida, 2014).

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito residual da adubação fosfatada sob a cultura da soja em sistema semeadura direta.

## MATERIAL E MÉTODOS

Foi dado continuidade à um experimento de longa duração, instalado na Fazenda Experimental Lageado (FCA/UNESP), Botucatu, Estado de São Paulo, localizado à latitude de 22°51' S, longitude de 48°26' W Grw, e na altitude de 840 m. A área vem sendo cultivada sob semeadura direta desde 2001. O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho distroférrico (Embrapa, 1999), de textura média, com 21% de fração argila na camada de 0-0,2 m de profundidade.

Adotou-se o delineamento em blocos casualizados, em parcelas sub-divididas, com quatro repetições, sendo que os tratamentos são mantidos nas mesmas parcelas desde a instalação do experimento, em 2001. Os tratamentos nas parcelas correspondem à aplicação de duas fontes de P (Fosfato natural reativo de Arad - FNA, e Superfosfato Triplo - SFT) e um tratamento controle sem aplicação de P. Nas subparcelas os tratamentos correspondem às doses de P: 0, 30, e 60 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, aplicadas no sulco de semeadura da soja (ao lado e abaixo das sementes), na forma de Superfosfato Triplo.

Entre 2001 e 2010, as parcelas receberam 5 aplicações de SFT e FNA a lanço, na dose de 80 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>, totalizando 400 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>, enquanto que as parcelas correspondentes ao tratamento controle não receberam aplicações de P à lanço. As doses de 0, 30, e 60 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup> na linha de semeadura da soja são aplicadas anualmente nas sub-subparcelas desde 2006, com a fonte SFT.

A semeadura da soja foi realizada no dia 30/11/2012, com espaçamento entre linhas de 0,45 m. Foram mantidas 17 plantas por metro na população final da cultivar Monsoy 7211 RR. Foram aplicadas as doses de SFT (0, 30, e 60 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) nas subparcelas, e 40 kg de K<sub>2</sub>O com a fonte cloreto de potássio em todas as parcelas, logo abaixo e ao lado do sulco de semeadura.

A colheita foi realizada aos 131 dias após a semeadura, no dia 09/04/2013, com uma colhedora de parcelas automotriz da marca Wintersteiger SeedMech, modelo Nursery Master Elite. Após a colheita mecânica, foi determinado o peso de grãos com balança eletrônica de precisão (0,01 g) e, em

seguida amostras foram colocadas em estufa de aeração forçada a 105 °C para correção da produtividade considerando o teor de 13% de umidade.

## Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância, teste F a 5% de probabilidade, e quando apresentaram significância, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5%, utilizando o software SAS, versão 9.4.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

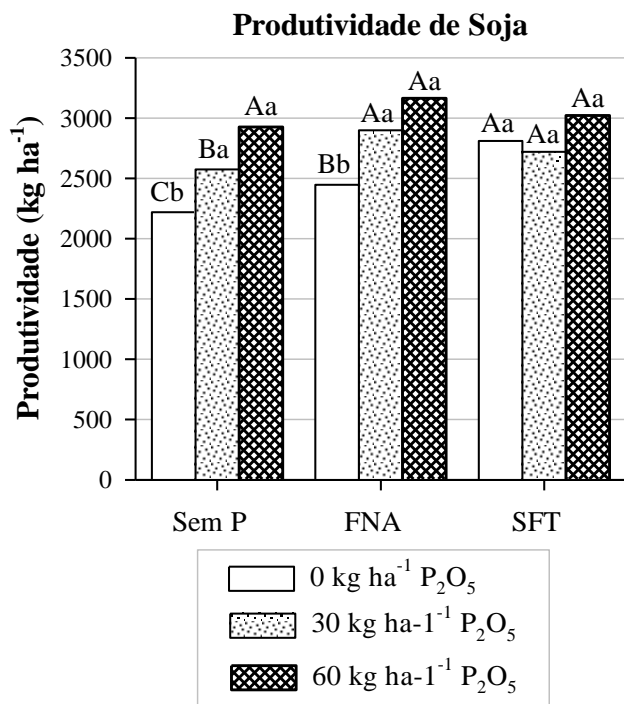
Houve interação dos fatores P cobertura e P semeadura para a produtividade da soja, observou-se efeito da adubação a lanço com SFT apenas quando não houve adubação fosfatada no sulco de semeadura, e o efeito da adubação fosfatada no sulco de semeadura foi encontrado principalmente quando não há aplicação de P em cobertura. Para as parcelas que receberam aplicações de SFT a lanço, não houve diferenças entre as doses 0, 30, e 60 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> na semeadura da soja. O SFT favoreceu uma maior produtividade da soja do que o FNA, quando não foi aplicado P na semeadura (**Figura 1**).

A ausência de resposta de produtividade da soja à adubação fosfatada no sulco de semeadura quando houve aplicações de SFT pode ser atribuída ao teor de P no solo (33 mg dm<sup>-3</sup> na camada de 0-0,2 m), considerado médio para a produtividade da soja de acordo com Raij et al. (2001), o que reduz a probabilidade de resposta à adubação em uma cultura já pouco responsiva (Pavinato & Ceretta, 2004; Sousa et al., 2010). Com a aplicação de P no sulco de semeadura não houve diferenças entre a produtividade da soja quando foi aplicado FNA ou SFT em cobertura. O tempo decorrido entre a primeira aplicação de FNA e essa avaliação de produtividade da soja é grande, o que é necessário para alcançar uma maior eficiência desse fertilizante (Sousa et al., 2010).

A fosfatagem, ou aplicação de fertilizantes fosfatados a lanço, possibilita elevada adsorção de P devido à alta superfície de contato formada com o solo. Aliada ao sistema de semeadura direta, a fosfatagem pode se tornar mais eficiente, pois as reações de adsorção devem ser minimizadas pela presença de palhada e matéria orgânica (Malavolta, 1981). A adição de P em solo com quantidade suficiente de P disponível para as plantas, como no caso das parcelas que receberam as aplicações de SFT a lanço e não houve resposta de aumento de produtividade da soja à adição de P na linha de semeadura caracteriza o uso ineficiente de fertilizantes (Syers et al., 2008), mas que só veio a



ocorrer após 12 anos de cultivo nessa área experimental, o que revela uma informação interessante para a redução do consumo de fertilizantes fosfatados.



**Figura 1** – Médias de produtividade de grãos de soja na interação do efeito residual de fontes de P aplicadas em cobertura (FNA, SFT e uma testemunha sem P) e doses de P na semeadura da soja (0, 30, e 60 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>). Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. Letras maiúsculas comparam doses de P na semeadura e letras minúsculas comparam as fontes de P em cobertura.

A indiferença na produtividade, quanto às doses de P quando houve adubação com SFT, possivelmente só ocorreu devido à melhor redistribuição do P oriundo das adubações com SFT a lanço, no perfil do solo. Essa redistribuição do P aplicado é bastante lenta, podendo ocorrer sob semeadura direta até mesmo usando fontes pouco solúveis como o FNA, mas sendo limitada à uma pequena profundidade no perfil do solo (Nunes et al., 2011). Contudo, verifica-se que o efeito residual da aplicação de FNA não elimina a necessidade de aplicação anual de P na semeadura da soja, possivelmente à menor redistribuição dessa fonte pouco solúvel quando comparada ao SFT.

Apesar do aumento na eficiência de aproveitamento do FNA, resultando em produtividade da soja semelhante ao proporcionado

pelo SFT, esse resultado não é suficiente para afirmar que o FNA é uma boa fonte de P, pois assim como o observado por Rosolem & Almeida (2014), a baixa resposta ao FNA nos primeiros anos após a aplicação resulta em perdas de produtividade até que o FNA alcance uma adequada eficiência na disponibilização de P para as plantas, enquanto que fontes solúveis como o SFT garantem maior produtividade desde os primeiros anos de aplicação, mesmo em aplicação superficial.

## CONCLUSÕES

Não há resposta à adubação fosfatada de semeadura quando há efeito residual da aplicação a lanço de fosfato solúvel.

O efeito residual da aplicação a lanço de fosfato natural não elimina a necessidade de aplicação anual de P na semeadura da soja.

O efeito das doses de P aplicadas no sulco de semeadura é maior quando não há efeito residual de adubações fosfatadas a lanço.

## AGRADECIMENTOS

À Fapesp, pela concessão de bolsa e recursos para execução da referida pesquisa.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, D. S. Disponibilidade de fósforo em solo cultivado com braquiária em rotação com soja. 2014. 80 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2014.

CALONEGO, J. C. & ROSOLEM, C. A. Phosphorus and potassium balance in a corn-*soybean* rotation under no-till and chiseling. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 96:123-131, 2013.

DUIKER, S. W. & BEEGLE, D. B. Soil fertility distributions in long-term no-till, chisel/disk and moldboard plow/disk systems. *Soil and Tillage Research*, 88:30-41, 2006.

EMBRAPA - Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária. Sistema brasileiro de classificação de solos: 4.ed. Brasília: Embrapa Produção da Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412p.

GALVANI, R.; HOTTA, L. F. K. & ROSOLEM, C.A. Phosphorus sources and fractions in an oxisol under no-tilled soybean. *Scientia Agricola*, 65:415-421, 2008.



HAFNER, H.; GEORGE, E.; BATIONO, A. & MARSCHNER, H. Effect of crop residues on root-growth and phosphorus acquisition of pearl millet in an acid sandy soil in Niger. *Plant and Soil*, 150:117–127, 1993.

HINSINGER, P. Bioavailability of soil inorganic P in the rhizosphere as affected by root-induced chemical changes: a review. *Plant and Soil*, 237:173–195, 2001.

NUNES, R. S.; SOUSA, D. M. G.; GOEDERT, W. J. & VIVALDI, L. J. Distribuição de fósforo no solo em razão do sistema de cultivo e manejo da adubação fosfatada. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 35:877-888, 2011.

PAVINATO, P. S. & CERETTA, C. A. Fósforo e potássio na sucessão trigo/milho: épocas e formas de aplicação. *Ciência Rural*, 34:1779-1784, 2004.

PAVINATO, P. S. & ROSOLEM, C. A. Disponibilidade de nutrientes no solo: decomposição e liberação de compostos orgânicos de resíduos vegetais. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 32:911-920, 2008.

RAIJ, B. van; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H. & QUAGGIO, J. A. Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. Campinas, Instituto Agrônômico, 2001. 284p.

RICHTER, D. D. & BABBAR, L. I. Soil diversity in the tropics. *Advances in Ecological Research*, 21:316-389, 1991.

ROSOLEM, C. A. & ALMEIDA D. S. Are reactive rock phosphate and superphosphate mixtures suitable for no-till soybean? *Agronomy Journal*, 106:1455-1460, 2014.

SOUSA, D. M. G.; REIN, T. A.; GOEDERT, W. J.; LOBATO, E. & NUNES, R. S. Fósforo. In: PROCHNOW, L.I.; CASARIN, V. & STIPP, S.R. (Eds.). Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes. Piracicaba, IPNI – Brasil, v. 2, 2010, p.67-132.