

Nutrientes

Fósforo e potássio exigem manejos diferenciados

Hamilton Seron Pereira*

O fósforo (P) é considerado um nutriente de baixa mobilidade no solo, comportamento atribuído à sua “fixação” pelos minerais da argila, e esse elemento tem presença relevante nos solos tropicais que apresentam elevados teores de óxidos de ferro e de alumínio – com os quais o P tem grande afinidade. Normalmente, entre 20% e 30% do fósforo aplicado como fertilizante é aproveitado pelas culturas

anuais em solos tropicais, sendo necessária a aplicação de quantidades que, em geral, superam em muito as extrações dessas culturas. O Sistema de Plantio Direto (SPD) caracteriza-se pelo não revolvimento do solo; assim, para o caso do fósforo, significa que seu contato com os coloides organo-minerais é reduzido, o que provoca diminuição das reações de adsorção e acompanha o aumento da matéria orgânica (MO) superficial, cuja mineralização, lenta e gradual, proporciona o surgimento de formas orgânicas de P menos suscetíveis às reações de adsorção (Lopes et al., 2004).

Esse contexto proporcionou, com o passar dos anos de implantação do SPD, um acúmulo de fósforo na camada superficial do solo, sobretudo nos primeiros 10 cm, em razão da aplicação anual de fertilizantes fosfatados, em sulco ou a lanço, que libera fósforo orgânico por meio da decomposição dos resíduos vegetais deixados na superfície, e também por causa da menor intensidade de fixação de fósforo, propiciada pelo menor contato desse nutriente com os constituintes inorgânicos passíveis de alta fixação de P (óxidos, oxi-hidroxi e hidróxidos de ferro e alumínio) (Sousa; Lobato, 2002). O comportamento específico do fósforo no SPD tem implicações no manejo da adubação fosfatada, principalmente em áreas já estabilizadas e com muitos anos de adoção desse sistema. A ação isolada

CHARLES PEETERS



Semeadura direta de algodão: Montividiu, GO; 2006

ou conjunta desses fatores tem levado a respostas bem menos pronunciadas a altas doses de fósforo, inclusive com redução dos níveis de adubação.

Trabalhos para determinar P-total, P-inorgânico, P-orgânico e P extraído por resina de troca aniônica explicam as baixas respostas às doses de fósforo (Tabela I). O conteúdo do P-orgânico foi em média 2,2 vezes superior ao P-inorgânico, em todas profundidades analisadas, já os dados do P-resina enquadram-se na classe baixa, na qual seria esperada maior resposta para a aplicação de fósforo (Sá, 2004). Esse comportamento respalda-se no fato de que a fração orgânica de P poderia ser o reservatório principal de reabastecimento do íon fosfato para a solução do solo em plantio direto, já que a matéria orgânica contém cerca de 0,5% desse nutriente (Lopes et al., 2004). Contudo, enquanto o sistema não se estabilizar, essa diferença é menor, pois ainda estará havendo maior formação de matéria orgânica, em relação à decomposição.

O P-orgânico representa de 30% a 70% do P-total presente no solo. As formas de P-orgânico presentes no solo englobam ortofosfatos de monoésteres (RO-PO³), representados pelos (hexa)fosfatos de inositol, ortofosfatos de diésteres, ou seja, os ácidos nucleicos e fosfolípidos e os fosfonatos, que são moléculas que contêm radicais de fosfato associados a compostos orgânicos (Novais; Smyth, 1999). Para que o P associado à matéria orgânica do solo seja aproveitado pelas plantas, é preciso que haja a conversão do P-orgânico a inorgânico, via mineralização, cujas reações em solo são mediadas por enzimas denominadas fitases e fosfatases (Stevenson, 1986).

Em solos mais intemperizados, o P associado a compostos orgânicos representa de 25% a 35% do P total (Oliveira et al., 2002). Nesses solos, invariavelmente, constata-se a presença de baixos teores disponíveis de P para as plantas, em função de o caráter-dreno de P de

TABELA 1 | CONTEÚDO DE P-TOTAL (Pt), P-INORGÂNICO (Pi), P-ORGÂNICO (Po), PERCENTAGEM DE P-ORGÂNICO (Po%), EM RELAÇÃO A P-TOTAL E P EXTRAÍVEL POR RESINA DE TROCA ANIÔNICA (PR), EM LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO

PROFUNDIDADE	FRAÇÕES DE P				
	PT	PI	PO	PO	P-RES
cm	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	%	mg kg ⁻¹
0 – 2,5	311	91,5	219,5	70,6	10,0
2,5 – 5,0	251	76,8	174,2	69,4	7,8
5,0 – 10	271	84,1	186,9	69,0	16,8
10 – 20	210	62,5	147,5	70,2	7,8
20 – 30	179	58,9	120,1	67,1	6,9

* Sob Sistema de Plantio Direto (SPD), em Castro, PR

Fonte: Sá, 2004

solos mais intemperizados predominar sobre o caráter-fonte, o que o torna mais competitivo do que a planta pelo fósforo aplicado na forma de fertilizantes solúveis (Novais; Smyth, 1999). É bastante provável que, na fase inicial (ou seja, nos cinco primeiros anos) de implantação do SPD, o P seja imobilizado em novos compartimentos de matéria orgânica, ou naqueles já existentes, como ocorre com o nitrogênio (Oliveira et al., 2002), havendo, portanto, imobilização de P.

Em áreas com mais de seis anos de implantação do SPD, ou seja, nos locais onde já ocorreu aumento e estabilização dos estoques de matéria orgânica do solo, é bastante provável um uso mais eficiente de P pelas plantas, em função do bloqueio de sítios inorgânicos de adsorção de P por moléculas orgânicas (Stevenson, 1986), da saturação desses mesmos sítios, graças à aplicação superficial de fertilizantes e da maior quantidade de P-lábil e P associado à biomassa microbiana, em áreas de SPD (Oliveira et al., 2002). Com o tempo, isso pode representar uma diminuição na aplicação de fertilizantes fosfatados nas áreas de SPD, em relação às quantidades aplicadas em áreas onde há revolvimento do solo, ou, pelo menos, a possibilidade de obtenção de produtividades mais eficientes com as mesmas quantidades de fertilizantes preconizadas para sistemas de cultivo convencional, onde o solo é submetido a aração e gradeação.

Um dos maiores desafios para a pesquisa, em relação à adubação fosfatada no SPD, é o estabelecimento de padrões confiáveis de interpretação de análise de solo. Tanto os dados do fósforo extraído pelo método Mehlich-I quanto os de resina em amostras superficiais não explicam o nível de resposta da cultura do milho em áreas sob SPD. Segundo Sá (2004), a utilização de extratores que avaliam uma pequena proporção do P-inorgânico não permite explicar o nível de resposta da cultura, havendo outros fatores envolvidos. Praticamente todos os trabalhos de calibração de análise de fósforo disponível do solo, feitos no Brasil, pelo método do duplo ácido (Mehlich) ou pela resina de troca aniônica (principais extratores do nutriente fósforo utilizados no país), foram realizados com amostras de solo coletadas na camada arável (de 0 a 20 cm), em áreas submetidas anualmente às práticas de aração e de gradagem, e sem o aporte de resíduos culturais na superfície do solo. Embora em número reduzido, existem trabalhos evidenciando que o P-resina e também o carbono orgânico apresentam melhor correlação com o P-orgânico total do solo do que o P-Mehlich.

Uma preocupação em relação ao manejo da adubação fosfatada no SPD é se a aplicação superficial, tanto em linha como a lanço, é uma forma que representa alta

eficiência agrônômica da aplicação desse insumo, ao longo dos anos de cultivo, sob o SPD. Isso ocorre, principalmente, porque se pensava que o P necessitava ser uniformemente incorporado na camada arável para que maior volume de raízes tivesse contato com o P do fertilizante. Entretanto, a eficiência de absorção de P pelas plantas depende da interação entre o teor de P no solo, a dose de P, o volume de solo fertilizado e a capacidade de adsorção de P pelo solo. Assim, à medida que aumenta o teor de P-orgânico na camada superficial do solo, a adsorção diminui, e doses menores de P misturadas com menores frações de solo tornam-se mais eficientes (Lopes et al., 2004). Além disso, no SPD há um maior teor de água, necessário para a difusão de P na camada superficial do solo e também porque, havendo maior teor de matéria orgânica nessa camada, haverá menor atividade de Al^{3+} , além do P ligado ao Al nessa matéria orgânica ser mais solúvel do que o P ligado à argila (Thomas, 1986).

POTÁSSIO

O potássio (K) do solo é, usualmente, distinguido nas seguintes formas: K na solução do solo (Ks); K trocável (Kt), fracamente retido na CTC do solo; K não trocável (Knt),

retido na estrutura de minerais (K estrutural), mais o retido nas entrecamadas de argilominerais expansivos (K "fixado"); K total (KT), extraído com HF.

Existe certo equilíbrio entre essas formas de potássio no solo. As plantas absorvem K da solução, o qual é tamponado pelas formas trocáveis, que são repostas pelas formas não trocáveis e estruturais. As formas não trocáveis e estruturais de K são usualmente consideradas reservas de médio e longo prazo para as plantas. Sob o ponto de vista da nutrição de planta, o equilíbrio mais importante se dá entre K trocável e K solução (cujo somatório, para fins práticos, é considerado K "disponível"), que são as fontes imediatas de K para as plantas (Curi et al., 2005).

Como a maioria dos solos brasileiros é bastante intemperizado e lixiviado, com predomínio de caulinita $[Al_2Si_2O_5(OH)_4]$, gibbsita $[Al(OH)_3]$, goethita $(FeOOH)$ e hematita (Fe_2O_3) , em diferentes proporções na fração argila e com pequenas quantidades de minerais fornecedores de K, nas frações mais grosseiras (areia e silte) as reservas de K não trocável tendem a ser pequenas, caracterizando ambientes onde são baixas as reservas de médio a longo prazo. Nesses ambientes de solo é comum verificar redução significativa

nos teores de K trocável nos cultivos iniciais, desde que não haja reposição via adubação (Curi et al., 2005).

Todavia, verifica-se, em diversas situações, que a quantidade de K extraída pelas plantas, com frequência, é superior às formas trocáveis, assim, as formas Knt contribuem significativamente para o total de K absorvido pelos vegetais. Muitos casos de não resposta das plantas à adubação potássica devem-se à expressiva contribuição de formas não trocáveis de K (Knt) no suprimento às plantas, o que está relacionado à presença de minerais primários e/ou secundários como fontes de potássio no solo.

O SPD, com o manejo realizado de maneira que preserve a planta e seus resíduos sobre o solo, propicia um aumento da matéria orgânica, o que tem beneficiado a eficiência da adubação potássica, principalmente em função do aumento da capacidade de troca de cátions (CTC) e de sua reciclagem via plantas de interesse econômico e de cobertura do solo. Assim, quando aumenta o carbono orgânico total no solo, aumenta também a CTC, e isso proporciona um grande efeito sobre o K trocável na solução do solo. Como consequência da maior CTC, há menor quantidade de K na solução do solo e, portanto, será menor sua perda por lixiviação. Resultado contrário é obtido quando ocorre redução da CTC, devido ao manejo inadequado do solo (revolvimento intenso, queima de resíduos, solo descoberto).

O K é um dos nutrientes mais ciclados no SPD, por isso, atualmente, há uma preocupação constante com as culturas intercalares como fonte de potássio.

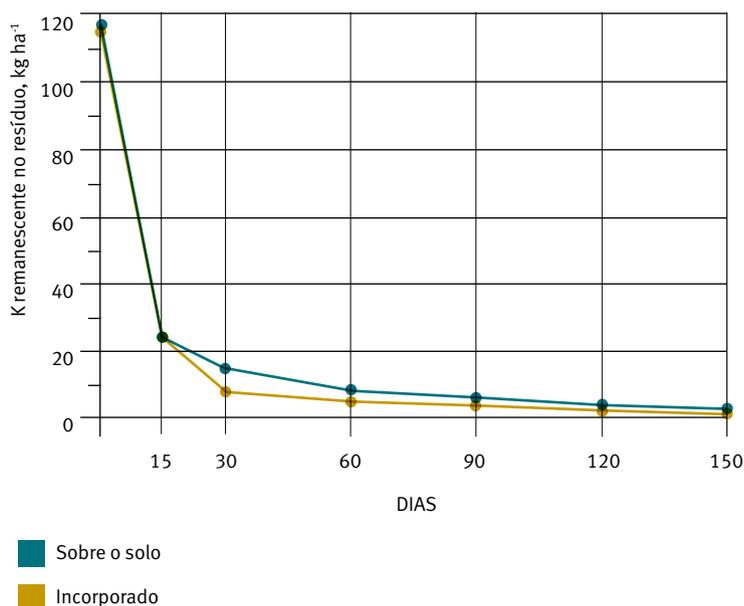
Considerando que mais de 80% do K contido nos resíduos é liberado em menos de 30 dias (Figura 1), a inclusão de culturas intercalares está aumentando. A aveia, como cultura de cobertura de solo antes do milho, extrai 131 kg ha^{-1} de K, o que implica em uma adubação de, aproximadamente, 100 kg ha^{-1} de K para o milho. Um exemplo é o nabo forrageiro como cultura intercalar

RODRIGO ESTEVAM MUNHOZ DE ALMEIDA



Semeadura direta com aplicação de P no sulco de plantio; Luís Eduardo Magalhães, BA, 2009

FIGURA 1 | POTÁSSIO REMANESCENTE EM TECIDOS DE CULTURAS DE COBERTURA*



* Média de aveia, ervilhaca e aveia + ervilhaca, em dois anos; experimentos de campo, com saquinhos de decomposição.

Fonte: Mielniczuk, 2005

entre milho e trigo (início de março), no Sul do país. Num período de cerca de 90 dias, pode liberar na superfície do solo, para o trigo subsequente, até 200 kg ha⁻¹ de K, que fora retirado da solução do solo e que poderiam ter sido lixiviados em profundidade. Nesse sistema (milho/nabo/trigo), verificou-se a ciclagem de 770 kg ha⁻¹ de K, em contraste com 483 kg ha⁻¹ no manejo

sem cultivo de nabo intercalar. A contribuição da rotação com nabo correspondeu à aplicação de 160 a 210 kg ha⁻¹ de K antes do trigo. Se não houver cultura para utilizar o K, nesse período, ele estará sujeito a perdas por erosão, escoamento superficial ou lixiviação. O SPD permite a utilização mais eficiente do K do solo e do K aplicado como fertilizante (Mielniczuk, 2005). 

* **Hamilton Seron Pereira** é professor adjunto do curso de Agronomia da Universidade Federal de Goiás (hsp2@jatai.ufg.br).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CURI, N.; KÄMPF, N.; MARQUES, J. J. Mineralogia e formas de potássio em solos brasileiros. In YAMADA, T.; ROBERTS, T. L. (Ed.). *Potássio na agricultura brasileira*. Piracicaba: Potafós, 2005. p. 71-92.

LOPES, A. S.; WIETHÖLTER, S.; GUILHERME, L. R. G.; SILVA, C. A. *Sistema Plantio Direto: bases para o manejo da fertilidade do solo*. São Paulo: ANDA, 2004.

MIELNICZUK, J. Manejo conservacionista da adubação potássica. In YAMADA, T.; ROBERTS, T. L. (Ed.). *Potássio na agricultura brasileira*. Piracicaba: Potafós, 2005. p. 201-222.

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

OLIVEIRA, F. H. T.; NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; CANTARUTTI, R. B.; BARROS, N. F. Fertilidade do solo no sistema plantio direto. *Tópicos em Ciência do Solo*, Viçosa, v. 2, p. 393-486, 2002.

SÁ, J. C. M. Adubação fosfatada no Sistema Plantio Direto. In YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S. (Ed.). *Fósforo na agricultura brasileira*. Piracicaba: Potafós, 2004. p. 201-222.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. (Eds.). *Cerrado: correção do solo e adubação*. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2002.

STEVENSON, F. J. *Cycles of soil*. New York: Wiley-Interscience Publication, 1986.

THOMAS, G. W. Mineral nutrition and fertilizer placement. In SPRAGUE, M. A.; TRIPLETT, G. B. *No-tillage and surface-tillage agriculture; the tillage revolution*. New York: John Wiley, 1986. p. 1-18.

FERTILIZANTES



HERINGER

Fertilizantes Heringer.
Para uma colheita maior.



www.heringer.com.br