



Frações de Fósforo em Folhas de Soja Adubada com Fosfatos de Solubilidades Distintas em Diferentes Solos

J.Z.L. SANTOS⁽¹⁾, A.E. FURTINI NETO⁽²⁾, A.V. RESENDE⁽³⁾ & I. BEDIN⁽⁴⁾

RESUMO – A dinâmica dessas frações de P na planta tem sido uma das formas de explicar a resposta das culturas a fertilização fosfatada. O acompanhamento do comportamento das frações de Pi e Po têm auxiliado no entendimento do crescimento e da eficiência de utilização desse nutriente pelas plantas. O presente trabalho objetivou-se verificar a influência dos atributos de três solos e de diferentes fontes de fósforo sobre a distribuição das frações de P nas folhas de soja. Utilizaram-se amostras da camada superficial (0-20 cm) de três solos sob cerrado, distintos quanto à capacidade-tampão de fosfato: (NQ), (LVAm) e (LVAr). Foi avaliada uma fonte teste de P (FT1), em quatro doses, além de quatro tratamentos adicionais, utilizando-se a soja cultivar Conquista (MG/BR-46) como planta-teste. Foram determinados o P total solúvel em ácido (Pts), o P inorgânico solúvel em ácido (Pi), e por diferença, o P orgânico solúvel em ácido (Po). No solo NQ, as fontes ST+CD e TM proporcionaram maiores valores do Pts, no entanto, estas fontes comportaram de maneira diferente quanto as frações Pi e Po. Já no solo LVAr, as fontes FT1, ST+CD e TM proporcionaram os maiores valores de todas frações e independente do tipo de solo os tratamentos FA e testemunha proporcionaram os menores valores para todas as frações de P nas folhas da soja. Conclui-se que nos solos menos tamponados (NQ e LVAm), as características de solubilidade dos fosfatos influenciam na distribuição frações de P nas folhas de soja e, o maior tamponamento do solo argiloso (LVAr), ao restringir a absorção de P, leva à equiparação do efeito das diferentes fontes na dinâmica do nutriente na planta e induz maior eficiência de utilização.

Introdução

A baixa disponibilidade de fósforo (P) nos solos tropicais é um dos fatores que mais limita o crescimento e a produção das culturas, tornando-se necessárias elevadas aplicações de fertilizantes fosfatados para a obtenção de boas produtividades.

Trabalhos de pesquisa têm relatado dependência da concentração de P nos tecidos das plantas em relação ao fator capacidade de P do solo (tamponamento) para diferentes culturas. As menores concentrações de P na planta são verificadas em solos com maior fator capacidade de P [1]. As alterações na absorção de P, na dependência dos atributos dos solos que variam quanto à facilidade de ceder o P às plantas, provocam mudanças nas formas em que o nutriente é armazenado nos tecidos [2]. Em condições de maior disponibilidade, ocorre acúmulo de P na forma inorgânica (Pi) nos vacúolos, servindo como reserva.

Em princípio, a solubilidade das fontes também poderia interferir no balanço dos compartimentos internos de P na planta, de modo que, fontes de maior solubilidade favoreceriam uma maior percentagem Pi vacuolar em relação a uma fonte de reduzida solubilidade. Isso seria importante para a manutenção do crescimento das plantas, quando, por algum motivo, a disponibilidade de P no solo estiver baixa. O nível de P inorgânico é mais sensível à disponibilidade do elemento no meio do que os níveis da fração orgânica (Po) na planta. A dinâmica dessas frações de P na planta tem sido uma das formas de explicar a resposta das culturas a fertilização fosfatada. O acompanhamento do comportamento das frações de Pi e Po têm auxiliado no entendimento do crescimento e da eficiência de utilização desse nutriente pelas plantas [3]. Acredita-se que o tamanho do estoque não-metabólico de P (Pi) e a habilidade da planta em translocar este estoque para o compartimento orgânico certamente afeta a adaptabilidade e sobrevivência sob condições de estresse nutricional [4].

Dessa maneira, no presente trabalho objetivou-se verificar a influência dos atributos de três solos e de diferentes fontes de fósforo sobre a distribuição das frações de P nas folhas de soja.

Palavras-Chave: *Glicine max*, capacidade tampão de fosfato, frações fosfatadas.

Material e métodos

O estudo foi conduzido em casa de vegetação do Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal

¹ Doutorando em Ciência do Solo, Universidade Federal de Lavras, Caixa Postal 3037, CEP: 37200-000, Lavras-MG. E-mail: santosilton@yahoo.com.br (apresentador do trabalho)

² Professor Associado do Departamento de Ciência do Solo, Universidade Federal de Lavras, Caixa Postal 3037, CEP: 37200-000, Lavras – MG. E-mail: afurtini@ufla.br

³ Pesquisador da Embrapa Cerrados, CEP: 73310-970, Planaltina – DF. E-mail: alvaro@cpac.embrapa.br

⁴ Engenheiro Agrônomo, MSc., Departamento de Ciência do Solo UFLA, Caixa Postal 3037, CEP 37200-000, Lavras – MG. E-mail: ibedin@dominiomt.com.br

de Lavras. Utilizaram-se amostras da camada superficial (0-20 cm) de três solos sob cerrado, distintos quanto à capacidade tampão de fosfato: Neossolo Quartzarênico (NQ), Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico textura média (LVAm) e Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico textura argilosa (LVAr).

Para cada solo, um experimento foi realizado no delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições, visando avaliar uma fonte teste de P (FT1), proveniente da Fosfértil/Ultrafértil S.A., em quatro doses, além de quatro tratamentos adicionais.

As quatro doses de P da fonte FT1 foram definidas, conforme a capacidade tampão de fosfato de cada solo, com base na análise do P-remanescente [5], correspondendo à aplicação de 60/180/310/620; 70/210/350/700; e 80/240/400/800 mg dm⁻³ de P, respectivamente, para os solos NQ, LVAm e LVAr. Uma testemunha, sem fornecimento de P, constituiu um dos tratamentos adicionais. Os outros três adicionais, em apenas uma dose, a terceira utilizada para a FT1, constituíram-se de: superfosfato triplo + calcário dolomítico (tratamento-referência, ST+CD); termofosfato magnésiano Yoorin (TM) e fosfato de Araxá (FA). O tratamento ST+CD foi incluído com o objetivo de evidenciar efeitos da presença de Mg na FT1. O fornecimento das doses de P foi feito com base no teor de P₂O₅ total das fontes.

Precedendo a aplicação dos tratamentos, os solos receberam calcário calcítico (exceto o tratamento ST+CD), objetivando-se valores de pH próximos de 5,5 e incubados por 22 dias. A fertilização básica com os demais nutrientes foi efetuada com o uso de sais p.a., balanceados para que somente a quantidade de P variasse. O tratamento FA recebeu adubação específica com 50 mg dm⁻³ de Mg, considerando a ausência deste nutriente na fonte de P.

Após a aplicação dos tratamentos, procedeu-se à semeadura de seis sementes de soja cultivar Conquista (MG/BR-46), previamente inoculadas com rizóbio, mantendo-se, após desbaste, três plantas por vaso.

Uma adubação de cobertura, utilizando sulfato de potássio, foi realizada 60 dias após o plantio (DAP), fornecendo 50 mg dm⁻³ de K e 20 mg dm⁻³ de S. O tratamento-testemunha e o fosfato de Araxá receberam metade da dose em virtude do reduzido crescimento vegetativo. O N foi suprido exclusivamente pela fixação biológica.

Aos 65 DAP, coletou-se a primeira folha fisiologicamente madura (completamente formada) do ápice para a base, sendo estas picadas e colocadas em ácido perclórico 0,2 N e congeladas. Nessas amostras, foram determinados o P total solúvel em ácido (Pts), o P inorgânico solúvel em ácido (Pi), e, por diferença, o P orgânico solúvel em ácido (Po), conforme método de Smilie & Krotkov [6] e Hogue et al. [7], modificado por Martinez [8].

Os dados foram submetidos à análise de variância e testes de médias (Scott-Knott 5%) para avaliar as diferenças entre os tratamentos. Para a fonte FT1, foi ajustada equação de regressão para as frações

de Pts, Pi e Po na planta, como variáveis dependentes das doses de P aplicadas em cada solo.

Resultados e Discussão

De modo geral, as características inerentes a cada tipo de solo e fonte de P influenciaram na partição do P absorvido, de modo que, as formas Pts, Pi e Po apresentaram comportamentos distintos conforme o tratamento considerado (Tabela 1).

No solo NQ, as fontes ST+CD e TM proporcionaram maiores valores do Pts, mas enquanto o ST se destacou por incrementar o Pi, o TM foi a fonte que conferiu o maior valor de Po. Esses resultados indicam que para esse solo o nível de P inorgânico foi mais sensível à disponibilização do elemento no meio, considerando que o ST é uma fonte mais solúvel. Comportamento oposto é verificado para a fonte de média solubilidade (TM), onde a maior parte do P absorvido foi convertida para formas orgânicas.

No solo LVAm, os maiores teores de Pts, Pi e Po foram proporcionados pela fonte ST+CD, não diferindo estatisticamente da FT1 quanto à fração Po. Já no solo LVAr, as fontes FT1, ST+CD e TM proporcionaram os maiores valores de todas frações, não diferindo estatisticamente entre si. À medida que aumenta a capacidade tampão de fosfato do solo houve um nivelamento da resposta da soja à adubação no caso das fontes de média a alta solubilidade. Ou seja, no solo mais argiloso, as diferenças de solubilidade das fontes passam a ter menos influência na absorção e compartimentalização do P na planta. Isso parece se dar em função de um maior favorecimento da dissolução das fontes de menor solubilidade (FA, FT1 e TM), havendo, por outro lado, grande competição do solo pelo P liberado, de forma que seu elevado tamponamento acaba por modular e tende a nivelar a absorção do nutriente pela soja.

Independente do tipo de solo os tratamentos FA e testemunha proporcionaram os menores valores para todas as frações de P nas folhas da soja. Seria esperado que as fontes de menor solubilidade, juntamente com o tratamento testemunha, promovessem acúmulo proporcionalmente maior de P no compartimento orgânico em relação ao Pi vacuolar, pois em condições de limitado suprimento ocorre depleção do Pi vacuolar enquanto o Po se mantém constante [9]. No entanto, observa-se que mesmo nos tratamentos com fontes mais solúveis, a maior parte do P absorvido foi convertido para formas orgânicas (Tabela 1).

Pelas respostas às doses da fonte FT1 (Figura 1), observa-se que essas proporcionaram incrementos lineares nas frações de P nas folhas da soja, à exceção da fração Po nos solos NQ e LVAm, em que as respostas foram quadráticas, tendendo a estabilizar a partir da terceira dose. Nesses solos menos tamponados, a dose mais elevada parece ter condicionado a superação da capacidade metabólica da soja na conversão do P para formas orgânicas, com conseqüente direcionamento do nutriente absorvido “em excesso” para as reservas de Pi vacuolar. Isso se comprova pela diminuição do valor do coeficiente angular das equações que descrevem o comportamento da

fração Pi à medida que aumenta a capacidade tampão de P, conforme a seqüência dos solos NQ, LVAm e LVAr (Figura 1).

Quando em condições de elevado suprimento de P na adubação (Figura 1), as respostas contrastantes no direcionamento do nutriente absorvido para formas metabólicas (solo LVAr) ou de reserva (solos NQ e LVAm), dependentes das diferenças de poder tampão dos solos, ajudam a explicar a maior eficiência de utilização de P encontradas por Bedin et al. [10] para a soja cultivada no solo LVAr em comparação aos outros dois solos. No solo argiloso, mais tamponado, mesmo com a aplicação de 800 mg dm^{-3} de P, ainda houve incremento na resposta metabólica (Po) da soja à adubação fosfatada (Figura 1), enquanto no caso dos solos menos tamponados caracterizou-se a absorção ou consumo de luxo, que contribui para o aumento das reservas nutricionais (Pi), sem efeito no crescimento ou produção.

Conclusões

Nos solos menos tamponados (NQ e LVAm), as características de solubilidade dos fosfatos influenciam na distribuição frações de P nas folhas de soja. O maior tamponamento do solo argiloso (LVAr), ao restringir a absorção de P, leva à equiparação do efeito das diferentes fontes na dinâmica do nutriente na planta e induz maior eficiência de utilização.

Referências

- [1] FERNANDES, L.A.; FAQUIN, V.; FURTINI NETO, A.E.; CURTI, N. 2000. Frações de fósforo e atividade da fosfatase ácida em plantas de feijoeiro cultivadas em solos de várzeas. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v.24, p.561-571.
- [2] BIELESKI, R.L. 1973. Phosphorus pools, phosphate transport, and phosphate availability. **Plant Physiology**, v.24, p.225-252.
- [3] FURTINI NETO, A.E. 1994. **Eficiência nutricional, cinética de absorção e frações fosfatadas em *Eucalyptus spp.*** Tese de Doutorado, Curso de Pós-graduação em Solos e Nutrição de Plantas, UFV, Viçosa.
- [4] MARTINEZ, H.E.P.; NOVAIS, R.F.; RODRIGUES, L. A.; SACRAMENTO, L.V.S. 2005. Phosphate forms in plant and their internal buffering in five soybean cultivars. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, p. 249-257.
- [5] ALVAREZ V.; V.H.; NOVAIS, R.F.; DIAS, I.E.; OLIVEIRA, J.A. 2000. **Determinação e uso do fósforo remanescente.** Boletim Informativo, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v.25, p.27-32.
- [6] SMILLE, R.M.; KROTKOV, G. 1960. The estimation of nucleic acids in some algae and higher plants. **Canadian Journal of Botany**, Ottawa, v.38, p.31-49.
- [7] HOGUE, E.; WILCOX, G.E.; CANTLIFFE, D.J. 1970. Effect soil phosphorus levels on phosphate fractions in tomato leaves. **American Society for Horticultural Science Journal**, Alexandria, v.95, n.1, p.174-176.
- [8] MARTINEZ, H.E.P. 1992. **Cinética da absorção e das frações fosfatadas em sete variedades de soja (*Glicine Max L.* (Merril)).** Relatório final de pós-Doutoramento, UFV Viçosa.
- [9] RAGHOTHAMA, K.G. 1999. Phosphate acquisition. **Plant physiology Plant Molecular Biology**, v.50, p.665-693.
- [10] BEDIN, I.; FURTINI NETO, A.E. RESENDE, A.V.; FAQUIN, V.; TOKURA, A.M.; SANTOS, J.Z.L. 2003. Fertilizantes fosfatados e produção da soja em solos com diferentes

capacidades tampão de fosfato. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, p. 639-646.

Tabela 1. Frações de fósforo total solúvel em ácido (Pts), fósforo inorgânico (Pi) e fósforo orgânico (Po) nas folhas da soja, em resposta à adubação com diferentes fosfatos, em doses de 310, 350 e 400 mg dm⁻³ de P nos solos NQ, LVAm e LVAr, respectivamente.

Tratamento	NQ			LVAm			LVAr		
	Pts	Pi	Po	Pts	Pi	Po	Pts	Pi	Po
FT1	632 b	176 b	455 b	686 b	141 b	545 a	527 a	107 a	421 a
ST+CD	827 a	326 a	501 b	783 a	221 a	563 a	615 a	119 a	495 a
TM	736 a	152 b	584 a	582 c	98 c	484 b	568 a	119 a	448 a
FA	166 c	43 c	123 c	138 d	40 d	99 c	263 b	60 b	203 b
Testemunha	156 c	37 c	118 c	96 d	36 d	59 c	189 c	35 c	154 b
C.V (%)	12	18	18	10	6	12	11	17	13

Em cada coluna, médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott a 5%.

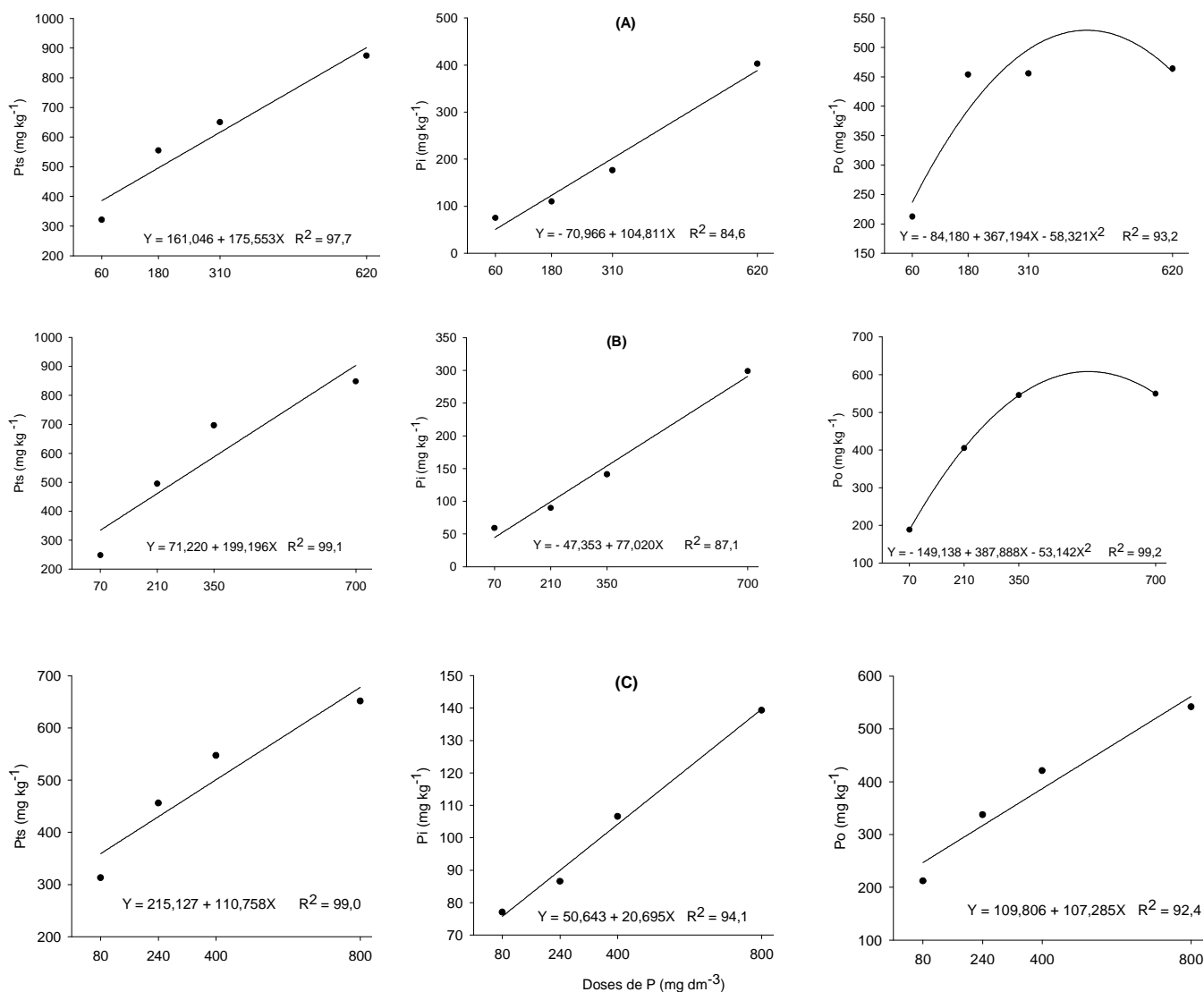


Figura 1. Frações de fósforo total solúvel em ácido (Pts), fósforo inorgânico (Pi) e fósforo orgânico (Po) nas folhas da soja em função de doses de P da fonte FT1, nos solos NQ (A), LVAm (B) e LVAr (C).