



Fosfito interfere no acúmulo e na translocação de nutrientes em feijoeiro⁽¹⁾

Josinaldo Lopes Araujo⁽²⁾; Valdemar Faquin⁽³⁾; Fabrício William de Ávila⁽⁴⁾; Thiago Queiroz Pedroso⁽⁵⁾

⁽¹⁾Trabalho executado com recursos do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

⁽²⁾Professor; Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar da Universidade Federal de Campina Grande; Pombal, PB; josinaldo@ccta.ufcg.edu.br; ⁽³⁾Professor Titular; Universidade Federal de Lavras; Lavras, MG; ⁽⁴⁾Professor; Universidade Estadual do Centro-Oeste; Guarapuava, PR; ⁽⁵⁾Engenheiro Agrônomo; Monsanto Company; Uberlândia, MG.

RESUMO: Dois experimentos em casa de vegetação foram instalados como objetivo de avaliar o efeito do fosfito sobre o acúmulo e translocação de P e de nutrientes catiônicos em feijoeiro comum. No primeiro ensaio, foram testadas cinco de proporções de fosfito e fosfato em solução nutritiva (100:0, 75:25, 50:50, 25:75 e 0:100), com cinco repetições. No segundo, experimento, foram testadas duas concentrações de fosfato na solução nutritiva (1,5 mg L⁻¹ = baixo fósforo e 20 mg L⁻¹ = fósforo adequado) combinados com três produtos de aplicação foliar: KH₂PO₃ (fosfito monobásico de potássio), KH₂PO₄ (fosfato monobásico de potássio) e KCl (cloreto de potássio) como testemunha. Observou-se que elevadas proporções de fosfito, em relação aos fosfatos, diminuem o acúmulo de P e de nutrientes catiônicos, assim como, aumentam as translocações de P e K e diminuem as de Fe, Mn e Cu. Concluiu-se que quando aplicado via foliar, o fosfito diminui o acúmulo de nutrientes catiônicos, mas não afeta sua translocação e que os fosfitos, diminuem a relação Zn/P, quando fornecido via radicular ou via foliar.

Termos de indexação: nutrição fosfatada, fosfito de potássio, fitotoxidez.

INTRODUÇÃO

A produção e a comercialização de fertilizantes à base de fosfitos (H₂PO₃⁻, HPO₃⁻²) têm crescido consideravelmente nos últimos anos no Brasil (Araujo et al., 2014). Em trabalhos anteriores foram avaliados os efeitos da substituição parcial ou total dos fosfatos pelos ânions fosfitos sobre o crescimento de diversas espécies de plantas (Thao et al., 2009; Ávila et al., 2011; Araujo et al., 2013; Araujo et al., 2014). Estes trabalhos mostraram, de forma consistente, que os fosfitos não substituem os fosfatos na nutrição fosfata das plantas e que sob carência de P, eles podem ser tóxicos às plantas. Contudo, há relatos de incrementos em crescimento e produção pelo fornecimento de fosfito via solo ou foliar, como relatado para laranja e abacate (Albrigo, 1999) e em outras culturas (Ávila et al., 2011), especialmente quando estas se

encontravam adequadamente supridas com fosfato.

Um dos aspectos pouco explorados nos estudos com fosfitos são seus efeitos nutricionais, no que se refere ao acúmulo e a translocação de macro e micronutrientes nas plantas. Araujo et al. (2008) observaram que na ausência de fosfato ou em proporções fosfito superiores ao fosfato em nutritiva, houve drástica diminuição do crescimento do feijoeiro, tanto da parte aérea, quanto das raízes. Considerando-se estes efeitos, é presumível que o fosfito interfira, não só na nutrição fosfata do feijoeiro, mas também no acúmulo e translocação de outros nutrientes.

No presente trabalho objetivou-se avaliar o efeito do fosfito via radicular e foliar, sobre o acúmulo e a translocação de macro e micronutrientes em feijoeiro cultivado em solução nutritiva.

MATERIAL E MÉTODOS

Dois experimentos foram realizados em solução nutritiva, em casa de vegetação do Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras, com feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L. cv. BRS Radiante). As sementes foram germinadas em substrato vermiculita, em bandejas de isopor. Após três dias da emergência, as plântulas foram selecionadas conforme o tamanho e a área foliar e transferidas para vasos de 3 L contendo solução nutritiva a 50% de sua força iônica original, com os respectivos tratamentos, recebendo arejamento constante. A solução nutritiva original empregada, exceto P, foi composta por 0,8 mmol L⁻¹ de N-NH₄⁺; 5,4 mmol L⁻¹ de N-NO₃⁻; 0,8 mmol L⁻¹ de P; 2,0 mmol L⁻¹ de K; 1,7 mmol L⁻¹ de Ca; 0,4 mmol L⁻¹ de Mg; 0,4 mmol L⁻¹ de S; 40 µmol L⁻¹ de Fe-EDTA; 19 µmol L⁻¹ de B; 7,0 µmol L⁻¹ de Mn; 2,0 µmol L⁻¹ de Zn; 0,5 µmol L⁻¹ de Cu; e 0,6 µmol L⁻¹ de Mo. Após cinco dias de cultivo, a força iônica da solução foi aumentada para 100%, sendo esta mantida até o final do experimento. O volume de solução dos vasos foi completado diariamente com água deionizada, sendo substituída semanalmente. Seu pH foi corrigido diariamente para valores entre 5,5 e 6,0.



No primeiro experimento o delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, com cinco tratamentos referentes a cinco proporções de Pi (fósforo na forma de fosfato):Phi (fósforo na forma de fosfito) em solução nutritiva: 100:0, 75:25, 50:50, 25:75 e 0:100, com cinco repetições, sendo duas plantas por repetição. O segundo experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições, em esquema fatorial 2 x 3, em que foram combinadas duas concentrações de fosfato na solução nutritiva (1,5 mg L⁻¹ = baixo fósforo e 20 mg L⁻¹ = fósforo adequado), três produtos de aplicação foliar: KH₂PO₃ (fosfito monobásico de potássio), KH₂PO₄ (fosfato monobásico de potássio) e KCl (cloreto de potássio) como testemunha. As soluções de P (fosfito e fosfato) e a de KCl foram aplicadas nas concentrações de 40 mmol L⁻¹ (fontes p.a.), em volume médio de 60 mL planta⁻¹, utilizando-se pulverizador costal manual. Em ambos os experimentos, na época do pré-florescimento (32 dias após o transplante) as plantas foram separadas em parte aérea e raízes e secas em estufa (65°-70°C) até peso constante, para posterior avaliação da matéria seca da parte aérea (MSPA) e matéria seca de raízes (MSR). Posteriormente, o material foi moído separadamente para a determinação dos teores de P, K, Ca, Mg, Mn, Fe, B e Zn no extrato da digestão nítrico-perclórica. De posse dos dados de MSPA e MSR e dos teores dos nutrientes foram calculados os acúmulos e o índice de translocação [translocação = (acúmulo na parte aérea)/(acúmulo total) x 100] dos mesmos e a razão Zn/P.

A análise estatística consistiu na análise de variância, teste de médias e de regressão polinomial através do *software* Sisvar®. Para a análise de regressão considerou-se como variável independente as percentagens de P na forma de fosfito.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As quantidades acumuladas e translocadas de fósforo e nutrientes catiônicos foram afetados pelas proporções de fosfito e fosfato em solução nutritiva (**Figura 1**). Observou-se decréscimo nas quantidades acumuladas de todos os nutrientes avaliados com o aumento das proporções de fosfito. Para o fósforo, o decréscimo foi linear, enquanto para os demais nutrientes, o efeito foi quadrático, cujos os máximos foram obtidos com proporções de fosfito (Phi) que variaram de 6,9% (Fe) a 26, 3% (Mn). Esses resultados mostram que, não é possível substituir totalmente o fosfato pelo fosfito em solução nutritiva, mas que uma pequena proporção

de P na forma de Phi, pode aumentar estimular absorção de nutrientes. A redução do acúmulo de nutrientes observado em maiores proporções de P-Phi é devido, provavelmente, a diminuição da concentração de P-Pi associado ao aumento da concentração de fosfito em solução, que é tóxico em tais condições. Uma discussão mais detalhada sobre a fitotoxidez por fosfito é apresentada em Araujo et al.(2013) e Araujo et al. (2014).

A razão Zn/P na parte aérea e na planta como um todo (Zntot/Pt), também teve decréscimo linear com as proporções de Phi, o que indica uma interferência negativa do fosfito na absorção e na translocação de Zn no feijoeiro, apesar do índice de translocação de Zn calculado, não ter apresentado um comportamento definido com as proporções de Phi em solução (**figura 1**).

A translocação de P e de K, embora de forma moderada, tendeu aumentar com a elevação das proporções de fosfito em solução (**Figura 1**). Por outro lado, houve decréscimos nas translocações de Ca, Fe, Mn, e Cu, principalmente o Fe, que nas maiores proporções de Phi teve sua translocação acentuadamente diminuída. Araujo et al. (2013) descreveram que um dos sintomas de fitotoxidez por fosfito em feijoeiro é a clorose internerval com reticulado fino em folhas jovens acompanhado de um "encarquilhamento", indicando, possivelmente, uma menor translocação de Fe para parte aérea da planta. É possível que o fosfito tenha maior afinidade pelo Fe do que o fosfato para formar complexos insolúveis na zona radicular, diminuindo a translocação de Fe para a parte aérea.

No segundo experimento, apenas o acúmulo de P e sua translocação foram influenciados pela interação entre os fatores concentração de P na solução de cultivo e pelos tratamentos de aplicação foliar (**Tabela 1**). Para os demais nutrientes, houve efeito dos fatores de forma isolada (**Tabelas 2**). O Phi diminuiu o acúmulo de P apenas no nível adequado deste nutriente em solução (**Tabela 1**). A translocação de P, por sua vez, no nível deficiente de P foi superior com Phi, mas no nível adequado deste nutriente, esta variável não foi afetada pelos tratamentos de aplicação foliar. As relações Zn/P e Znt/Pt, assim como ocorreu no primeiro experimento, foram menores como a aplicação foliar de Phi, mas apenas sob carência de P (1,5 mg L⁻¹) na solução nutritiva. Sob carência de P, como já esperado, houve menor acúmulo e menor translocação de todos os nutrientes, como consequência do efeito combinado da menor produção de matéria seca e menor quantidade absorvida, tendo em vista o importante papel deste nutriente no desenvolvimento radicular.

A exemplo do que ocorreu no primeiro experimento, à exceção do Zn, o Phi diminuiu o acúmulo de nutrientes catiônicos do feijoeiro (**Tabela 2**). Por outro lado, a translocação destes



nutrientes, não foram afetados por este ânion, com a aplicação foliar de Phi (Tabela 2). excetuando-se o Mn teve uma maior translocação.

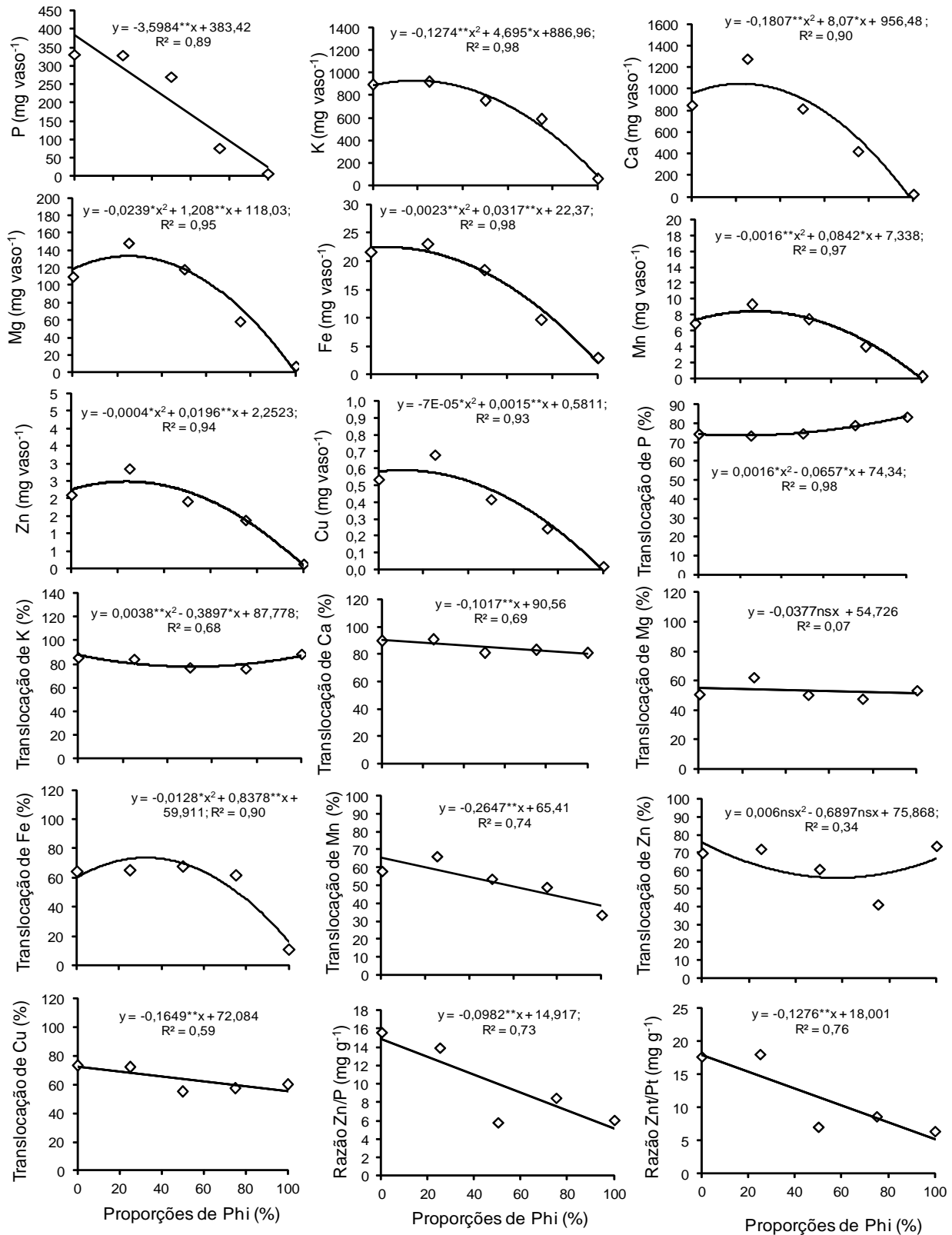


Figura 1. Acúmulo total e translocação de nutrientes e razão fósforo/zinco em feijoeiro cultivado em solução nutritiva sob diferentes proporções de fosfato em fosfito. Zn/Pt = razão entre os acúmulos totais de P e Zn.



Tabela 1. Acúmulo e translocação de fósforo e relação zinco/fósforo em função de tratamentos de adubação foliar e concentrações de fósforo em solução nutritiva.

Tratamentos	P acumulado		P translocado	
	1,5 mg P L ⁻¹	20 mg P L ⁻¹	1,5 mg P L ⁻¹	20 mg P L ⁻¹
	-----mg vaso ⁻¹ -----		-----%-----	
Phi	30,3 aB	254,8 bA	86,0 aA	83,8 aA
Pi	32,9 aB	308,2 aA	72,8 bA	85,9 aA
KCl	27,3 bB	294,9 aA	72,9 bB	85,1 aA
	Relação Zn/P na parte aérea		Znt/Pt	
	-----mg g ⁻¹ -----			
Phi	21,1 c A	6,06 aB	27,4 bA	5,9 aB
Pi	25,6 bA	5,69 aB	25,2 bA	6,1 aB
KCl	37,2 aA	6,05 aB	36,9 bA	6,1 aB

Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si (Tukey, 5%). Zn/Pt = razão entre os acúmulos totais de Zn e P. Phi: fosfito de potássio; Pi: fosfato de potássio; KCl: cloreto de potássio.

Tabela 2. Acúmulo e translocação de nutrientes catiônicos em função de tratamentos de adubação foliar e concentrações de fósforo em solução nutritiva.

Tratamentos	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu
	-----Acúmulo (mg/vaso)-----						
Phi	586,9 b	612,2 b	92,6 b	15,6 b	4,2 b	1,2 a	0,49 b
Pi	752,2 a	873,1 a	113,2 a	20,2 a	5,4 a	1,3 a	0,57 a
KCl	714,8 ab	835,7 a	113,7 a	20,4 a	4,8 ab	1,4 a	0,65 a
	-----Translocação (%)-----						
Phi	83,5 a	92,7 a	63,1 a	19,2 a	44,3 a	77,6 a	78,7 a
Pi	80,6 a	93,2 a	60,9 a	19,6 a	36,2 b	75,8 a	84,0 a
KCl	79,6 a	92,4 a	58,4 a	18,3 a	34,8 b	78,9 a	79,4 a
P (mg L ⁻¹)	-----Acúmulo (mg/vaso)-----						
1,5	456 b	384 b	45,0 b	16,0 b	4,0 b	0,9 b	0,39 b
20	913 a	1162 a	167,0 a	21,0 a	5,6 a	1,7 a	0,75 a
	-----Translocação (%)-----						
1,5	76,1 b	89,9 b	64,0 a	11,6 b	26,3 b	71,4 b	76,3 a
20	86,3 a	95,7 a	57,6 a	26,5 a	53,9 a	83,6 a	85,1 a

Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, para cada variável, não diferem entre si (Tukey, 5%).

CONCLUSÕES

Fosfito via radicular, diminui o acúmulo de P e nutrientes catiônicos e aumenta as translocações de P e K e diminuem as de Fe, Mn e Cu.

Quando aplicado via foliar, o fosfito diminui o acúmulo de nutrientes catiônicos, mas não afeta sua translocação; e diminui a relação Zn/P, quando fornecido via radicular ou via foliar.

AGRADECIMENTOS

Ao departamento de Ciência do Solo da UFLA pela estrutura necessária à pesquisa e Capes pela concessão da bolsa de estudos.

REFERÊNCIAS

ALBRIGO, L. G. Effects of foliar applications of urea or nutriphite on flowering and yields of Valencia orange trees. Proceedings of the Florida State Horticultural Society, Tallahassee, v.112, p.1-4, 1999.
ARAÚJO, J.L. Crescimento e nutrição fosfatada do feijoeiro em função da aplicação via radicular e foliar de

fosfito. Lavras, Universidade Federal de Lavras, 2008. 77p. (Tese de Doutorado).
ARAÚJO, J.L.; FAQUIN, V.; ÁVILA, F.W.; PEDROSO, T.Q. Crescimento e acúmulo de fósforo pelo feijoeiro tratado com fosfato e fosfito via foliar. Revista Semina: Ciências Agrárias, 35:1425-1437, 2014.
ARAÚJO, J.L.; FAQUIN, V.; ÁVILA, F.W.; PEDROSO, T.Q. Interação fosfito e fosfato no crescimento e na Nutrição fosfatada do feijoeiro em solução nutritiva. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 37:482-490, 2013.
ÁVILA, F.W.; FAQUIN, V.; ARAÚJO, J.A.; MARQUES, D.J.; RIBEIRO JÚNIOR, P.M.; LOBATO, A.K.S.; RAMOS, S.J.; BALIZA, D.P. Phosphite supply affects phosphorus nutrition and biochemical responses in maize plants. Australian Journal of Crop Science., 5:646-653, 2011.
THAO, H.T.B.; YAMAKAWA, T.; SHIBATA, K. Effect of phosphite-phosphate interaction on growth and quality of hydroponic lettuce (*Lactuca sativa* L.). Journal of Plant Nutrition and Soil Science. 172:378-384, 2009.