

Exportação de fósforo pelo milho influenciada por doses de manutenção e efeito residual de fosfatos naturais⁽¹⁾.

Richard Matos de Souza²; Lafayette Franco Sobral³; Pedro Roberto Almeida Viegas⁴; Adilson de Oliveira Junior⁵; Robinson Cruz Fontes Junior⁶; Adeilva Rodrigues Valença⁶.

⁽¹⁾ Trabalho financiado pela Embrapa e vinculado a Rede FertBrasil.

⁽²⁾ Bolsista de mestrado (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq) do programa de Pós Graduação em Agroecossistemas; Universidade Federal de Sergipe; São Cristóvão, Sergipe; rmatos.agronomo@gmail.com; ⁽³⁾ Pesquisador; Embrapa Tabuleiros Costeiros; Aracaju, Sergipe; lafayette@cpatc.embrapa.br; ⁽⁴⁾ Professor associado do Departamento de Agronomia; Universidade Federal de Sergipe; São Cristóvão, Sergipe; pviegas@ufs.br; ⁽⁵⁾ Pesquisador; Embrapa Soja; Londrina, Paraná; adilson.oliveira@embrapa.br; ⁽⁶⁾ Analistas; Embrapa Tabuleiros Costeiros, Avenida Beira Mar, 3250, CEP 49025-040; Aracaju, Sergipe, robin@cpatc.embrapa.br; diva@cpatc.embrapa.br

RESUMO: A baixa disponibilidade de fósforo nos solos brasileiros é bastante conhecida e limita a produtividade dos cultivos agrícolas. Como fontes alternativas, os fosfatos naturais se apresentam por disponibilizar o P de forma mais lenta, evitando a necessidade de reposições constantes, através de fontes solúveis, deste elemento no solo. Neste sentido, foi instalado um experimento, em um Cambissolo, para estudar o efeito residual dos fosfatos Bayóvar e Itafós, aplicados como fontes corretivas, e das doses de manutenção (0, 60 e 120 kg.ha⁻¹ de P₂O₅) na exportação de P pelo milho. Foram utilizadas sementes de milho híbrido com as tecnologias BT e RR. Os fosfatos naturais foram comparados, tendo como bases um tratamento fertilizado com superfosfato triplo e outro sem correção de P do solo. Após a colheita, amostras de grãos foram secas, moídas e submetidas a determinação do P. A exportação foi obtida multiplicando-se a produção de grãos, em matéria seca, pelo teor de P dos mesmos. Não foram observadas diferenças entre os efeitos residuais dos fosfatos naturais quanto ao teor do nutriente no grão do milho. A exportação de P pelos grãos de milho foi maior nos tratamentos superfosfato triplo e Bayóvar, em função, provavelmente, da maior solubilidade destas fontes e de condições favoráveis com relação a disponibilidade deste nutriente no solo.

Termos de indexação: Cambissolo, grãos, adubação.

INTRODUÇÃO

Um dos principais problemas relacionados à fertilidade do solo, enfrentados pela agricultura brasileira, é a baixa disponibilidade de fósforo. Aproximadamente 80% dos municípios de Sergipe incluem-se na condição em que há dominância de restrições severas, em termos de disponibilidade de fósforo, na maior parte de seus solos (Siqueira,

2007). Nesse sentido, a adubação fosfatada é uma prática obrigatória já que este elemento apresenta significativa importância no desenvolvimento das raízes, no aumento do teor de proteínas nos grãos, assim como na fotossíntese e na respiração das plantas de milho. Nesse sentido, deve-se ressaltar ainda que de 77 a 86 % do total de P na planta é translocado para os grãos de milho. A deficiência de P proporciona, além de baixa produtividade, sintomas de arroxamento das folhas e formação de colmos finos e frágeis e de espigas pequenas e retorcidas (Fancelli & Dourado Neto, 2004; Coelho, 2006).

A adubação com fontes solúveis como superfosfatos triplo e simples, MAP e DAP, os quais apresentam alta solubilidade, exigem reposições constantes do nutriente, pois favorecerem reações que levam a indisponibilidade do mesmo para as plantas. Como alternativa, os fosfatos naturais se apresentam por disponibilizar o P mais lentamente, com solubilização mais dependente de fatores como a acidez do solo, CTC, capacidade tampão de P, absorção de P e Ca pelas plantas, entre outros (Novais & Smyth, 1999).

Quando se objetiva trabalhar com fosfatos naturais em solos mais limitantes a sua eficiência, como em situações de pH acima de 5,5 e elevado Ca trocável, pode-se escolher aqueles de maior reatividade. De modo geral, os fosfatos naturais reativos são menos dependentes dos atributos do solo que os fosfatos ditos “apatíticos”. A natureza sedimentar destas fontes e o maior número de substituições de CO₃⁻ por PO₄⁻ tornam a estrutura do cristal mais porosa e hidrolisável. Tal fato justifica a maior solubilidade em ácido cítrico a 2%, parâmetro altamente correlacionado com a mineralogia da apatita e a eficiência agrônoma dos fosfatos naturais (Chien & Menon, 1995; Kaminski & Peruzzo, 1997).

O trabalho aqui apresentado teve como objetivo determinar a influência do efeito residual de fosfatos

naturais e doses de P na exportação de fósforo nos grãos pelo milho.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em Frei Paulo-SE, no Campo Experimental Pedro Arle, pertencente a EMBRAPA Tabuleiros Costeiros. O solo é classificado como CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Eutrófico (Embrapa, 2006) e possui textura franco argilosa. A área possui clima do tipo As', de acordo com a classificação de Köppen e as chuvas se concentram de março a agosto, com precipitação média de 832,4 mm (BOMFIM et al., 2002).

Antes da instalação do experimento, uma amostra de solo foi coletada para a caracterização da fertilidade do solo (**Tabela 1**).

Tabela 1 – Atributos químicos do Cambissolo da área experimental.

pH (H ₂ O)	Matéria org. -g.dm ⁻³	P ¹ -mg.dm ⁻³	P rem -mg.dm ⁻³	Ca ²⁺ -cmolc.dm ⁻³	T -%	V -%
6,0	17,2	1,39	34,4	13,5	17,8	88,8

¹P extraído por Mehlich-1.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso com parcelas subdivididas em faixa. As parcelas consistiam de três tratamentos de adubação corretiva com as fontes de P (**Tabela 2**) e um tratamento sem a correção. As subparcelas foram compostas pelos níveis de manutenção de 0, 60 e 120 kg.ha⁻¹ de P₂O₅. no sulco de plantio do milho sob a forma de Superfosfato triplo

Tabela 2 – Fertilizantes utilizados na adubação corretiva de P.

Fontes	Teor total	Teor solúvel em ácido cítrico à 2% ¹
	----- % P ₂ O ₅ -----	
Superfosfato triplo	45	- ²
Fosfato reativo de Bayóvar	29	13
Fosfato Natural Itafós	17	5

¹ Determinado na proporção de 1:100

² Não determinado

As parcelas mediam 112 m² (16 x 7m) e as subparcelas faixas de 4 m de largura por 7 m de

comprimento. O espaçamento entre sulcos foi de 0,8 m, com cinco plantas por metro.

No ano anterior, as fontes corretivas foram aplicadas a lanço e incorporadas através de gradagem 30 dias antes do plantio da primeira safra de milho. A dose de correção utilizada foi de 200 kg.ha⁻¹ de P₂O₅. Vale ressaltar que, para este trabalho, foram utilizados os dados obtidos na segunda safra de milho.

No segundo ano, ou ano residual, o experimento foi conduzido sem preparo do solo, para evitar a mistura de solos entre as parcelas. A cultivar utilizada nesta safra foi a 2B587 da Dow Agrosiences.

Os grãos foram colhidos quando o teor de umidade nos grãos estava em torno de 13% e foram secos e moídos. Posteriormente, foram digeridos com uma mistura dos ácidos nítrico e perclórico, a quente. O P foi determinado por espectrofotometria de absorção molecular (Silva et al., 2009). A exportação de P foi obtida multiplicando-se a produção de grãos corrigida para o teor de matéria seca, pelo teor de P nos mesmos.

Os dados foram submetidos à análise da variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Quando constatado efeito significativo das doses de manutenção, os dados foram ajustados a equações de regressão

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não foi observado efeito significativo para a interação entre os tratamentos de correção e as doses de manutenção no teor de P do grão de milho (**Tabela 3**).

Para o teor médio de P no grão, não foram observadas diferenças estatísticas entre os fosfatos naturais e o superfosfato triplo, pelo teste de Tukey a 5% (**Tabela 3**). Os fosfatos naturais também não se diferiram significativamente do tratamento sem correção, o qual pode estar relacionado com uma redução no número médio de grãos por espiga, no último tratamento. Em condições de restrição de P, este mecanismo faz com que a planta favoreça o suprimento de nutriente por grão, mantendo os teores mais constantes quando comparados com os tratamentos com suprimento adequado de P (Grant et al., 2001). No caso do superfosfato triplo, o maior teor de P no primeiro cultivo se deve a alta solubilidade desta fonte e ao médio a baixo poder dreno de P deste solo, condições que favoreceram a manutenção de formas de P mais recuperáveis pelas plantas na segunda safra. Com uma melhor nutrição, a produtividade potencial de grãos deve ter sido estabelecida, possibilitando o incremento do

teor de P deste tratamento em relação aos demais.

Vale ressaltar, que em virtude do teor de P muito baixo deste solo, as doses de manutenção elevaram o teor deste nutriente no grão de forma linear (**Figura 1**).

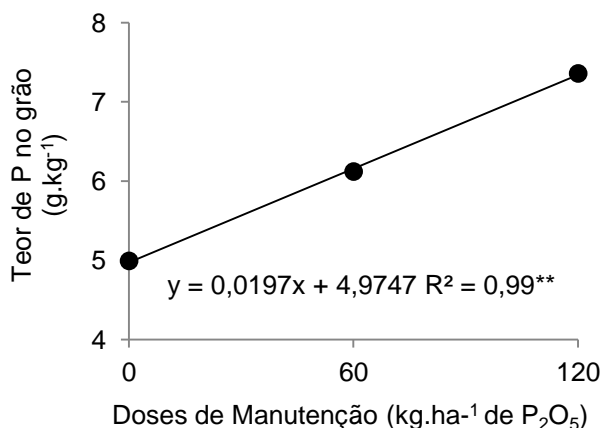


Figura 1 – Efeito das doses de manutenção no teor de P do grão de milho.

Efeito significativo da interação entre tratamentos de correção e doses de manutenção foi observado na exportação de P pelo milho (**Tabela 3**). Na **figura 2**, pode-se observar o desdobramento das doses de manutenção nos diferentes tratamentos de correção para este atributo.

Não foram observados efeitos significativos da aplicação de doses de manutenção no tratamento em que o superfosfato triplo foi a fonte corretiva (**Figura 2**). Tal fato se deve provavelmente as condições de solo anteriormente referidas que favoreceram a manutenção do P, desta fonte solúvel, em formas mais aproveitáveis no segundo ano após a aplicação destes fosfatos. Deste modo, a cultura alcançou um patamar de produtividade, dada as condições de cultivo, a qual definiu uma exportação máxima de P, não sendo afetada significativamente pelas doses aplicadas. Neste sentido, também se observa menores influências dos tratamentos de correção com o aumento das doses de manutenção.

Quanto aos fosfatos naturais, foram observadas respostas lineares e positivas para a extração de P, com as doses de manutenção (**Figura 2**). Vale ressaltar ainda que as extrações médias (**Tabela 3**) foram condizentes com a solubilidade em ácido cítrico (2%) destas fontes (**Tabela 2**), concordando com as observações de Chien & Menon (1995). Neste sentido, é destacada a superioridade do fosfato reativo de Bayóvar, mesmo não sendo observadas diferenças estatísticas entre este e o fosfato Itafós. Por outro lado, este fosfato é o único

que, em valores médios, proporciona extração semelhante a do superfosfato e difere significativamente do tratamento sem correção. Respostas condizentes com o padrão de solubilidade também foram observadas por outros trabalhos (Santos & Kliemann, 2005; Faria et al., 2006; Silva et al., 2009).

CONCLUSÕES

Não há diferenças entre os fosfatos naturais quanto ao teor do nutriente no grão do milho.

A exportação de P pelos grãos de milho foi maior nos tratamentos superfosfato triplo e Bayóvar, em função, provavelmente, da maior solubilidade destas fontes e de condições favoráveis com relação a disponibilidade deste nutriente no solo.

REFERÊNCIAS

- BOMFIM, L. F. C.; COSTA, I. V. G. da; BENVENUTI, S. M. P. Projeto Cadastro da Infra-Estrutura Hídrica do Nordeste: Estado de Sergipe – Diagnóstico do Município de Frei Paulo. Aracaju: CPRM, 2002.
- COELHO, A.M. Nutrição e adubação do milho. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2006. 10p. (Circular Técnica,78).
- CHIEN, S.H. & MENON, R.G. Factors affecting the agronomic effectiveness of phosphate rock for direct application. *Fertilizer Research*, 41:227-234, 1995.
- FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. Produção de milho. 2.ed. Guaíba: Agropecuária, 2004. 360p.
- FARIA, C.M.B.; SILVA, D.J.; PINTO, J.M.; GOMES, T.C.A. Efeito de fosfatos naturais em plantas de melão cultivadas em vasos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 30:1083-1091, 2006.
- GRANT, C.A.; FLATEN, D.N.; TOMASIEWCZ, D.J.; SHEPPARD, S.C. Importance of Early Season Phosphorus Nutrition. *Better Crops with Plant Food*, Norcross, 85(2):18-23, 2001.
- KAMINSKI, J.; PERUZZO, G. Eficácia de fosfatos naturais reativos em sistemas de cultivo. Santa Maria, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1997. 31p. (Boletim Técnico, 3)
- NOVAIS, R.F., SMYTH, T.J. Fósforo em solo e planta em condições tropicais. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1999. 399p.
- SANTOS, E.A.; KLIEMANN, H.J. Disponibilidade de fósforo de fosfatos naturais em solos e cerrado e sua avaliação por extratores químicos. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 35(3):139-146, 2005.

SILVA, F.C. (Ed). Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 627p.

SILVA, F.N.; FURTINI NETO, A.E., CARNEIRO, L.F.; MAGALHÃES, C.A.S.; CANEIRO, D.N.M. Crescimento e produção de grãos da soja sob diferentes doses e fontes de fósforo em solos distintos. *Ciência & Agrotecnologia*, Lavras, 33(5):1220-1227, 2009.

Tabela 3 – Valores médios, de F e coeficientes de variação para o teor nos grãos e exportação de P pelo milho sob efeito residual de diferentes tratamentos de fosfatagem e doses de manutenção

Tratamentos de adubação corretiva	Teor de P nos grãos		Exportação de P pelos grãos de milho	
	----- g.kg ⁻¹ -----		-----kg.ha ⁻¹ -----	
Superfosfato triplo	6,75 a ¹		41,25 a	
Fosfato reativo de Bayóvar	6,56 ab		39,96 ab	
Fosfato Natural Itafós	5,75 ab		33,66 bc	
Sem adubação corretiva de P	5,70 b		30,16 c	

Fontes de Variação	Valor de F	C.V.	Valor de F	C.V.
		-----%----		-----%----
Parcelas	5,46 ^{*/2}	12,79	11,19 ^{**}	14,82
Subparcelas	30,82 ^{**}	13,58	38,51 ^{**}	18,46
Interação (Parcelas*Subparcelas)	1,18ns	15,32	2,818 [*]	18,67

¹ Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%.

² ns, * e ** = não significativo, significativo a 5 e 1%, respectivamente.

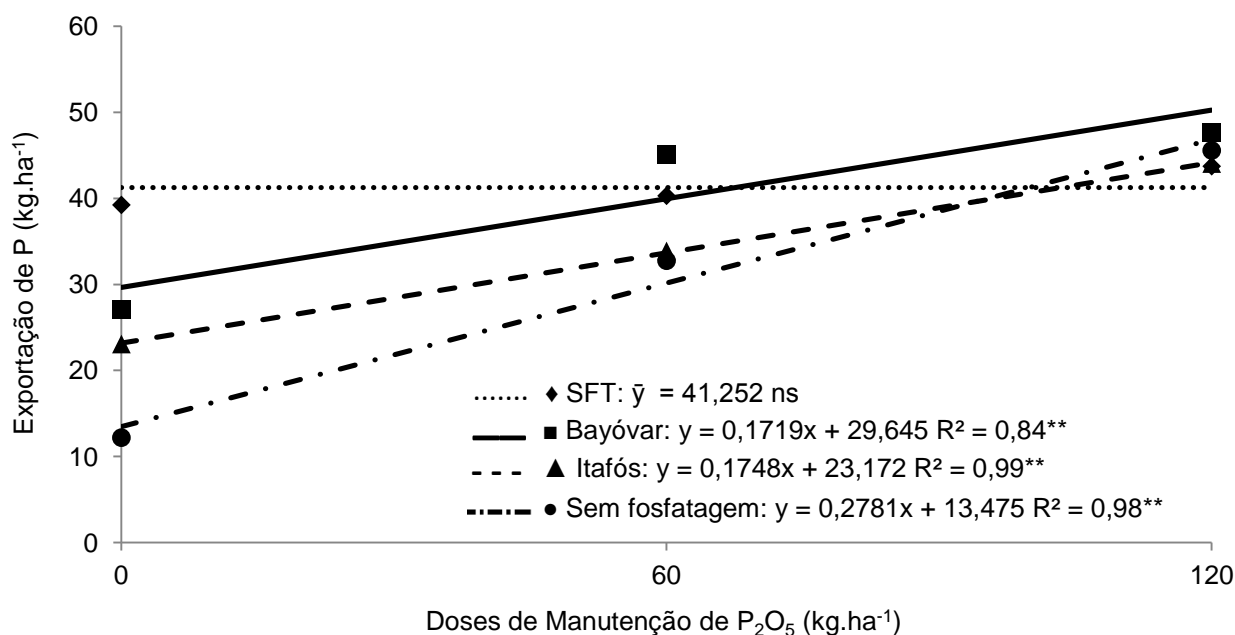


Figura 2 – Efeito das doses de P, na exportação de P pelos grãos de milho, pelas três fontes de P e pelo tratamento sem correção.