



Eficiência agronômica de fertilizante mineral misto produzido com fosfato natural sedimentar⁽¹⁾.

Paulo César Teixeira⁽²⁾; João Victor dos Santos Caldas⁽³⁾; Ricardo de Castro Dias⁽⁴⁾; José Carlos Polidoro⁽⁵⁾; Bianca Braz Mattos⁽⁶⁾; Everaldo Zonta⁽⁷⁾

⁽¹⁾ Trabalho realizado com recursos da Empresa Gefoscal Comércio, Indústria, Representação e Transporte de Produtos Agropecuários

⁽²⁾ Pesquisador, Embrapa Solos, Rio de Janeiro-RJ, paulo.c.teixeira@embrapa.br; ⁽³⁾ Engenheiro Agrônomo ⁽⁴⁾ Estudante, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro; ⁽⁵⁾ Pesquisador, Embrapa Solos; ⁽⁶⁾ Analista, Embrapa Solos; ⁽⁷⁾ Professor, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

RESUMO: O uso de fosfatos sedimentares como matéria prima para a produção de fertilizantes é uma alternativa para reduzir a dependência e aumentar a competitividade do agronegócio brasileiro. O objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência de um fertilizante mineral produzido com fosfato natural sedimentar, quando comparado com o fertilizante comercial superfosfato simples. O experimento foi conduzido em casa de vegetação na área experimental da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Foram realizados três plantios sucessivos, com a seguinte sequência: milho, feijão e milho. As variedades foram: milho BRS1060 e feijão BRS Radiante. As plantas foram cultivadas em vasos com capacidade de 3 kg de solo. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, em esquema fatorial 2 x 4 x 2 x 2 + 4 controles sem P, sendo duas fontes de P (super simples - SSP e Fertilizante Mineral Misto – FMM), quatro doses de P₂O₅ (75, 150, 300 e 450 mg.vaso⁻¹), duas classes de solo (Planossolo Háplico e Latossolo Vermelho-Amarelo) e duas condições: incubado e não incubado. Foram avaliados o acúmulo de fósforo e matéria seca da parte aérea e fósforo disponível no solo após cada cultivo. Os resultados indicam que, no curto prazo, o SSP promoveu maior acúmulo de matéria seca e acúmulo de P, entretanto o fertilizante FMM pode apresentar maior efeito residual comparado ao SS, pois os teores de P disponível foram superiores ao final do terceiro ciclo.

Termos de indexação: adubação fosfatada, efeito residual, fonte de fósforo

INTRODUÇÃO

A maioria dos solos brasileiros tem teores baixos de fósforo e, segundo Santos (2006), o fósforo é o nutriente que tem merecido maior estudo no que diz respeito à fertilidade do solo, e seu papel na agricultura pode ser considerado problema para os solos tropicais se não corrigido adequadamente.

De acordo com ANDA (2013), cerca 50% do fósforo utilizado no agronegócio brasileiro são

provenientes de importações. Diante disso, empresas brasileiras e órgãos de pesquisa vêm investindo para reduzir a dependência e aumentar a competitividade do agronegócio nacional. A utilização de rochas fosfatadas, concentradas e finamente moídas tem sido sugerida como forma alternativa para suprir, parcialmente, a deficiência de fósforo em muitos solos brasileiros, por exigir processos industriais mais simples e, conseqüentemente, menor custo de fabricação (Goedert & Lobato, 1980).

A eficiência agronômica de fosfatos pode ser avaliada por diversos índices, no entanto, a resposta das culturas de importância econômica é fundamental para o estabelecimento de critérios para utilizar fosfatos naturais como fonte de fósforo.

Normalmente, a resposta à adição de fertilizantes fosfatados solúveis ocorre de forma mais imediata, devido sua alta solubilidade (Scholefield et al., 1999), entretanto, a eficiência das fontes de fosfatos naturais ao longo dos anos tem sido equivalente ou até mesmo superior (Braga et al., 1991; Choudhary et al., 1994), devido ao seu efeito residual, o que aumenta o interesse pelo uso de formulações baseadas nessas fontes.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência de um fertilizante mineral produzido com fosfato natural sedimentar comparado com o fertilizante comercial superfosfato simples.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação no Instituto de Agronomia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ). Foram realizados três plantios sucessivos, com a seguinte sequência: milho, feijão e milho. As variedades plantadas foram: milho BRS1060 e feijão BRS Radiante. As plantas foram cultivadas em vasos contendo 3 kg de solo, onde foram utilizados dois tipos de solos, caracterizados como Planossolo Háplico textura arenosa- SX e Latossolo Vermelho Amarelo textura argilosa - LVA de acordo com Santos et al. (2013). O delineamento experimental



foi em blocos casualizados, em esquema fatorial $2 \times 4 \times 2 \times 2 + 4$ controles, sendo duas fontes de P_2O_5 (**Tabela 1**), quatro doses de P_2O_5 (75, 150, 300 e 450 mg.vaso⁻¹), dois tipos de solo e duas condições de incubação: não incubado e incubado visando elevação do pH para 6,5, sendo 36 tratamentos com três repetições, totalizando 108 unidades experimentais. Os tratamentos controle foram constituídos de solo com textura argilosa e arenosa, incubado com calcário e não incubado, todos sem P.

Tabela 1 - Garantias de nutrientes nos dois fertilizantes estudados.

	FMM ¹	SSP ²
P ₂ O ₅ Total	8	20,0
P ₂ O ₅ solúvel em ác. cítrico	2,9	18,0
Ca	10	20,0
Mg	1,4	0
S total	4,0	12,0

¹Fertilizante mineral misto; ² Superfosfato simples

O FMM é produzido a partir da mistura de um fosfato sedimentar, borra de enxofre e calcário dolomítico.

Os solos foram coletados na profundidade de 0-20 cm e os resultados das análises químicas encontram-se na **tabela 2**.

Aos 20 dias após emergência (DAE) das plântulas de milho, foram aplicados 120 mg.vaso⁻¹ de N e 105 mg.vaso⁻¹ de K₂O. A colheita da parte aérea do milho foi realizada aos 45 dias DAE. Após isso, foi realizada uma coleta de solo com ajuda de um trado para análise. As plantas coletadas foram colocadas em sacos de papel e secas em ventilação forçada a 65°C até peso constante. O solo foi seco ao ar e armazenado para análise.

Seguido da coleta de solo foi realizada uma adubação com solução nutritiva com 70% dos nutrientes aplicados no primeiro plantio (Furlani et al., 1999), com exceção do nitrogênio, já que as sementes de feijão foram inoculadas para realização da fixação biológica do nitrogênio (FBN). Em seguida, foi realizado o segundo plantio com a cultivar de Feijão (*Phaseolus vulgaris* L), plantando oito sementes por vaso. Aos cinco DAE foi realizado o desbaste deixando duas plantas por vaso. Aos 20 DAE foi realizada a adubação de cobertura nas mesmas quantidades do plantio anterior, e a colheita realizada aos 35 DAE.

Foi realizada uma coleta de solo para determinação de P disponível, e em seguida, realizado a mesma adubação com solução nutritiva (70%), aplicando dessa vez nitrogênio, já que foi plantado o milho novamente. Os tratamentos culturais em

todas as plantas dos três plantios e os solos coletados passaram pelo mesmo procedimento do primeiro plantio.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e testes de médias no Ambiente R 3.0.1.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados obtidos para acúmulo de fósforo, matéria seca de parte aérea e fósforo disponível no solo encontram-se nas **tabelas 3, 4 e 5**, respectivamente.

Nos três cultivos, para o solo arenoso não houve interação significativa entre os fatores estudados, sendo realizado o desdobramento dentro de cada nível de fonte e condição de solo para acúmulo de P. O fertilizante superfosfato simples (SSP) apresentou resultados estatisticamente superiores na condição de solo não incubado comparado ao FMM. Já no segundo cultivo, na condição de solo não incubado, o FMM foi semelhante ao SSP, enquanto que no terceiro cultivo novamente este proporcionou melhor acúmulo em relação ao FMM.

No LVA, houve interação significativa para os fatores fonte e condição de solo, nos três cultivos. Ambas as fontes proporcionaram melhores acúmulos de P na parte aérea na condição de solo não incubado, em todos os cultivos. No primeiro cultivo o fertilizante SSP proporcionou maiores acúmulos em relação ao FMM, enquanto que nos cultivos posteriores na condição de solo não incubado o FMM se mostrou semelhante ao SSP (**Tabela 3**).

Na **tabela 4**, está apresentada a produção de matéria seca nos três cultivos e nos três solos estudados. Nos dois primeiros cultivos no solo arenoso e argiloso não foi significativa a interação entre os fatores fonte e condição do solo, já no terceiro cultivo a interação foi significativa. Comparando as condições de solo, apenas houve diferença significativa no primeiro e terceiro cultivo para o FMM, onde o solo não incubado proporcionou melhor produção de matéria seca.

No primeiro cultivo para o solo arenoso na condição incubado, o SSP superou o FMM, o mesmo ocorreu no terceiro cultivo para esta condição. Na condição de solo não incubado do primeiro cultivo e para as duas condições do segundo cultivo, as duas fontes estudadas se apresentaram semelhantes ao tratamento controle. Já no terceiro cultivo no solo não incubado o fertilizante FMM se mostrou semelhante ao tratamento controle e ao SSP, onde este apresentou a melhor produção de matéria seca.

No LVA, o FMM proporcionou produção de matéria seca significativamente maior na condição de solo não incubado. Quando comparadas as fontes o SSP obteve estatisticamente maiores



resultados em relação ao FMM nos três cultivos para a condição de solo incubado, enquanto que para a condição de solo não incubado as fontes se apresentaram semelhantes.

Em todos os cultivos, o FMM proporcionou maior teor de P no solo em relação ao SSP. Com relação às condições de solo, apenas houve diferença significativa para o SSP no terceiro cultivo, onde a condição de solo não incubado se mostrou com resultados inferiores a condição de solo incubado. Para o LVA, novamente o FMM proporcionou maiores teores de P disponível no solo em relação ao SSP. Com relação às condições, não houve nenhuma diferença significativa (**Tabela 5**).

Por possuir baixa solubilidade e liberação gradual, o FMM apresentou resultados de acúmulo de fósforo e matéria seca inferiores ao SSP. Analisando os teores de P no solo, no qual o FMM superou o SSP, pode-se verificar que possivelmente o maior efeito residual do FMM seria obtido com um quarto cultivo, já que os três cultivos foram relativamente curtos. Os dados de P disponível no solo argiloso também mostram que possivelmente houve menor adsorção de fósforo as partículas minerais do solo, citadas anteriormente como um das características do FMM pela sua liberação gradual.

Com os resultados ainda pode-se verificar outras vantagens trazidas pelo FMM, onde os tratamentos com condição de solo não incubado se mostraram melhores em relação à condição de solo incubado, diminuindo assim parte dos gastos com a prática de calagem do solo, já que esse fertilizante contém calcário em sua composição.

CONCLUSÕES

De maneira geral, o superfosfato simples apresentou maiores valores de produção de matéria seca e acúmulo de P em relação ao fertilizante mineral misto. Entretanto, ao final do terceiro ciclo, o fertilizante mineral misto proporcionou maiores valores de P disponível no solo, indicando maior efeito residual comparado ao fertilizante solúvel. Ainda, este fertilizante atuou melhor em condição de solo não incubado.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE DIFUSÃO DE ADUBOS. Anuário estatístico do setor de fertilizante. São Paulo: ANDA, 2013.

BERMÚDEZ, R.; CARÁMBULA M.; AYALA, W. Respuesta a la fertilización fosfatada de um mejoramiento de segundo año. In: REUNIÃO DO GRUPO TÉCNICO EM FORRAGEIRAS DO CONE SUL – ZONA CAMPOS, 17, 1998, Lages, SC. Anais. Lages-SC: Epagri/UDESC, 1998. 156p.

BRAGA, N.R.; MASCARENHAS, H.A.A.; BULISANI, E. Aet al. Eficiência agrônômica de nove fosfatos em quatro cultivos consecutivos de soja. *Revista Brasileira Ciência do Solo*, 15: 315-319, 1991.

CHOUDHARY, M.; PECK, T.R.; PAUL, L.E. et al. Long-term comparison of rock phosphate with superphosphate on crop yield in two cereal-legume rotations. *Canadian Journal Plant Science*, 74: 303-310, 1994.

FURLANI, P. R.; SILVEIRA, L. C. P.; BOLONHEZI, D. et al. 1999. Cultivo hidropônico de plantas. Campinas: IAC. 52p. (Boletim técnico, 180).

GOEDERT, W.J.; LOBATO, E. Eficiência agrônômica de fosfatos em solo de cerrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 15(3): 311-318, 1980

RAIJ, B. van; CABALA, R. P.; LOBATO, E. Adubação fosfatada no Brasil: apreciação geral, conclusões e recomendações. In: OLIVEIRA, A.J.; LOURENGO, S.; GOEDERT, W. J. Adubação fosfatada no Brasil. Brasília: Embrapa - DID, 1982. p.1-19.

SANCHEZ, P.A. & SALINAS, J.C. Low-input technology for managing Oxisols and Ultisols in Tropical America. *Advances in Agronomy*, 34: 280-398, 1981.

SANTOS, V. R. Crescimento e produção da cana-de-açúcar em diferentes fontes de fósforo. 2006. 104 p. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal de Alagoas.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. et al. Sistema brasileiro de classificação de solos. 3ª ed revisada e ampliada. Brasília, DF: Embrapa, 2013. 353p.

SCHOLEFIELD, D.; SHELDRICK, R.D.; MARTYN, T.M. et al.. A comparison of triple superphosphate and Gafsa ground rock phosphate fertilizers as P-sources for grass – clover swards on a poorly-drained acid clay soil. *Nutrient Cycling Agroecosystems*, 53: 147-155, 1990.

Tabela 2 - Atributos químicos do Planossolo Háplico (SX) e do Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA).

Solo	Na	Ca	Mg	K	H + Al	Al	S	T	V	m	n	pH água	M.O.	P	SO ₄
	-----cmol _c dm ⁻³ -----								---%---			1:2,5	g dm ⁻³	--mg dm ⁻³ --	
SX	0,1	2,05	1,05	0,07	2,1	0,1	3,3	5,4	61	3	1,9	5,5	11	30	2
LVA	0,0	0,60	0,30	0,28	3,8	0,8	1,2	5,0	24	20	0	5,3	25	7	15

Tabela 3 - Acúmulo de fósforo na parte aérea em três cultivos sucessivos (milho, feijão, milho) para fontes e doses de P (SSP e FMM) em duas condições de incubação e dois solos.

Fertilizantes	-----1º Cultivo-----		-----2º Cultivo-----		-----3º Cultivo-----	
	Incubado	Não incubado	Incubado	Não incubado	Incubado	Não incubado
-----mg.vaso ⁻¹ -----						
Planossolo Háplico textura arenosa						
FMM ^{1/}	7,51Ba ^{3/}	10,86Ba	9,49Ba	11,65Aa	9,33Ba	10,53Ba
SSP ^{2/}	26,42Ab	34,40Aa	13,73Aa	14,66Aa	15,76Aa	16,37Aa
Controle	7,44Ba	9,76Ba	8,83Ba	7,36Ba	8,17Ba	8,25Ba
Latossolo Vermelho-Amarelo textura argilosa						
FMM	0,91Bb	9,09Ba	3,35Bb	8,90Aa	4,56Bb	7,22Aa
SSP	6,21Ab	12,97Aa	7,69Ab	10,71Aa	8,20Aa	7,70Aa
Controle	0,39Ba	0,51Ca	0,83Ca	1,99Ba	3,57Ba	4,29Ba

^{1/} Fertilizante mineral misto ^{2/} superfosfato simples; ^{3/} Médias seguidas de mesma letra maiúscula na vertical e minúscula na horizontal não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%, dentro de cada cultivo e cada solo utilizado.

Tabela 4 - Matéria seca de parte aérea em três cultivos sucessivos (milho, feijão, milho) para fontes e doses de P (SSP e FMM) em duas condições de incubação e dois solos.

Fertilizantes	-----1º Cultivo-----		-----2º Cultivo-----		-----3º Cultivo-----	
	Incubado	Não incubado	Incubado	Não incubado	Incubado	Não incubado
-----g.vaso ⁻¹ -----						
Planossolo Háplico textura arenosa						
FMM ^{1/}	7,08Bb	9,91Aa	4,98Aa	4,73Aa	6,49Bb	7,54ABa
SSP ^{2/}	10,26Aa	12,27Aa	5,01Aa	4,74Aa	8,01Aa	8,01Aa
Controle	7,39Bb	9,74Aa	5,07Aa	5,08Aa	6,04Ba	6,96Ba
Latossolo Vermelho-Amarelo textura argilosa						
FMM	1,12Bb	10,19Aa	2,50Bb	4,43Aa	4,18Bb	5,14Aa
SSP	7,61Ab	11,52Aa	4,23Aa	4,98Aa	5,72Aa	5,37Aa
Controle	0,86Ba	0,89Ba	1,20Ca	1,52Ba	3,43Ba	3,19Ba

^{1/} Fertilizante mineral misto ^{2/} superfosfato simples; ^{3/} Médias seguidas de mesma letra maiúscula na vertical e minúscula na horizontal não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%, dentro de cada cultivo e cada solo utilizado.

Tabela 5 - Fósforo disponível no solo após cada cultivo em três cultivos sucessivos (milho, feijão, milho) para fontes e doses de P (SSP e FMM) em duas condições de incubação e dois solos.

Fertilizantes	-----1º Cultivo-----		-----2º Cultivo-----		-----3º Cultivo-----	
	Incubado	Não incubado	Incubado	Não incubado	Incubado	Não incubado
-----mg.dm ⁻³ -----						
Planossolo Háplico textura arenosa						
FMM ^{1/}	87,01Aa	82,71Aa	77,83Aa	72,38Aa	100,96Aa	102,42Aa
SSP ^{2/}	71,09Ba	66,96Ba	54,02Ba	54,05Ba	81,64Ba	70,12Bb
Controle	29,83Ca	18,47Ca	16,34Ca	12,90Ca	25,05Ca	20,11Ca
Latossolo Vermelho-Amarelo textura argilosa						
FMM	27,72Aa	23,67Aa	20,76Aa	19,40Aa	21,43Aa	18,49Aa
SSP	13,29Ba	10,51Ba	3,44Ba	6,08Ba	4,86Ba	5,90Ba
Controle	5,44Ca	3,55Ca	0,00Ba	0,40Ca	0,00Ba	0,035Ba

^{1/} Fertilizante mineral misto ^{2/} superfosfato simples; ^{3/} Médias seguidas de mesma letra maiúscula na vertical e minúscula na horizontal não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%, dentro de cada cultivo e cada solo utilizado.