

EFICIÊNCIA AGRONÔMICA DE FERTILIZANTES FOSFATADOS MULTINUTRIENTES PRODUZIDOS A PARTIR DE ROCHA FOSFÁTICA DE PRATÁPOLIS

Data de aceite: 03/07/2023

João Augusto Dourado Loiola

Estudante de graduação em Agronomia
(UFRRJ)

Vinícius de Melo Benites

Estudante de graduação em Engenharia
Química (UFRJ)

Gabriel Carlos Francisco

Mestranda do Programa de Pós-
graduação em Agronomia- Ciência do
Solo (UFRRJ)

Jéssica Franciele Kaminski Ramos

Doutorando do Programa de Pós-
graduação em Ciência do Solo (UFRRJ)

Ricardo de Castro Dias

Doutorando do Programa de Pós-
graduação em Ciência do Solo (UFRRJ)

Everaldo Zonta

Professor Titular do Departamento de
Solos - IA (UFRRJ)

Paulo César Teixeira

Pesquisador A da Empresa Brasileira
de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA
SOLOS)

RESUMO: O objetivo do trabalho foi avaliar, em casa de vegetação, a eficiência agronômica e o efeito residual de fertilizantes fosfatados multinutrientes produzidos a partir de rocha fosfáticas sedimentar moída *in natura* na produção de matéria seca e acúmulo de nutrientes na parte aérea de plantas de milho. Estudou-se a influência da adição de micronutrientes solúveis e insolúveis em rocha grossa moída acidificada (0, 30 e 60% de H₂SO₄ para análise). Os fertilizantes foram comparados com fonte solúvel fosfato monocálcico (para análise) aplicado em solução. O estudo foi arranjado experimentalmente em delineamento em blocos casualizados com quatro repetições. A fonte solúvel parcelada apresentou maior produção de MSPA. A fonte solúvel aplicada de forma completa e parcelada obteve maior acúmulo de fósforo na MSPA. O índice de eficiência relativo, dos fosfatos de rocha aumentou no acumulado dos três cultivos em relação ao primeiro cultivo, mostrando potencial efeito residual dessas fontes.

PALAVRAS-CHAVE: adubação fosfatada, rochagem, *Zea mays* L.

AGRONOMIC EFFICIENCY OF MULTINUTRIENT PHOSPHATE FERTILIZERS PRODUCED FROM PRATÁPOLIS PHOSPHATE ROCK

ABSTRACT: The objective of this work was to evaluate, in a greenhouse, the agronomic efficiency and the residual effect of multinutrient phosphate fertilizers produced from in natura ground sedimentary phosphate rock on the production of dry matter and nutrient accumulation in the areas of maize plants. The influence of the addition of soluble and insoluble micronutrients in acidified ground coarse rock (0, 30 and 60% of H₂SO₄ for analysis) was studied. Fertilizers were compared with a soluble source of monocalcium phosphate (for analysis) applied in solution. The study was experimentally arranged in a randomized block design with four replications. The split soluble source showed higher production of MSPA. The soluble source applied completely and in installments obtained the highest accumulation of phosphorus in the MSPA. The relative efficiency index, of rock phosphates increased in the accumulated of the three crops in relation to the first crop, showing a potential residual effect of these sources. **KEYWORDS:** phosphate fertilization, rocking, Zea mays L.

INTRODUÇÃO

Os solos brasileiros apresentam em sua grande maioria alta fixação de fósforo, implicando em adubações fosfatadas realizadas em grandes quantidades (Resende et al., 2006). Desta forma, o Brasil é o quarto maior consumidor de fertilizantes do mundo e em 2020 importou cerca de 70% de fertilizantes fosfatados para suprir a demanda da agricultura brasileira (ANDA, 2022). Justificando a necessidade da realização de estudos para buscar fontes alternativas de fertilizantes fosfatados.

Os fosfatos naturais (FN), possuem menor eficiência de disponibilização de fósforo, quando comparado às fontes solúveis, especialmente em prazos mais curtos. Desta forma, a liberação do nutriente ocorre de forma lenta, podendo diminuir os processos de fixação de fósforo, bem como apresentar efeitos residuais no solo (RESENDE et al., 2006). Sendo assim, o manejo requer uma menor frequência de aplicações sucessivas, já que possui uma baixa dissolução do fósforo na solução do solo (FYFE et al., 1983).

Além da correção gradual dos teores de fósforo no solo, é possível fornecer teores consideráveis de silício e alguns micronutrientes como ferro, manganês, cobre e zinco. O enriquecimento da rocha moída fosfatada com outros nutrientes, pode auxiliar com eficiência na correção da fertilidade do solo. (GILLMAN et al., 2002). O objetivo do trabalho foi avaliar em casa de vegetação, a eficiência agrônômica e o efeito residual de fertilizantes fosfatados multinutrientes produzidos a partir de rocha fosfáticas sedimentar moída *in natura* na produção de matéria seca e acúmulo de nutrientes na parte área de plantas de milho.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, localizada na área experimental do Departamento de Solos da UFRRJ, município de Seropédica-RJ. Utilizou-se como substrato, amostras de solo da camada de 0-20 cm de profundidade, classificado como Latossolo Vermelho conforme Santos et al. (2018). A amostra de solo foi seca ao ar, tamisada em peneira de 4 mm, e posteriormente incubada com carbonato de cálcio (para análise). Após estabilização do pH, foi realizada a caracterização química do solo conforme Teixeira et al. (2017) e Raij et al. (2018). Apresentando as seguintes características químicas: Na Mehlich ($0,2 \text{ mmolc dm}^{-3}$); K resina (5 mmolc dm^{-3}); Mg resina (4 mmolc dm^{-3}); Ca resina (29 mmolc dm^{-3}); H+Al (39 mmolc dm^{-3}); Al KCl (0 mmolc dm^{-3}); pH H₂O (5,8); pH CaCl₂ (4,95); V% (47); P Mehlich ($0,4 \text{ mg dm}^{-3}$) e P resina (3 mg dm^{-3}). A rocha fosfática utilizada neste estudo advém da jazida sedimentar de Pratápolis-MG pertencente à Morro Verde Fertilizantes. O experimento foi conduzido no delineamento em blocos casualizados (DBC) com quatro repetições e 10 tratamentos. As unidades experimentais foram compostas de vasos plásticos de 2 dm^3 , contendo 1,8 kg de solo. A planta indicadora foi o milho híbrido BM 3066. Os tratamentos consistiram de: 1) Rocha pura grossa moída com micro solúvel - rms (contendo $9,21 \text{ mg P.g}^{-1}$), 2) Rocha pura grossa moída com micro insolúvel - rmi (contendo $9,21 \text{ mg P.g}^{-1}$), 3) Rocha pura grossa moída acidificada 30% com micro solúvel - 30ms (contendo $7,17 \text{ mg P.g}^{-1}$), 4) Rocha pura grossa moída acidificada 30% com micro insolúvel - 30mi (contendo $7,17 \text{ mg P.g}^{-1}$), 5) Rocha pura grossa moída acidificada 30% com micro insolúvel acidificado - 30mia (contendo $7,17 \text{ mg P.g}^{-1}$), Rocha pura grossa moída acidificada 60% com micro solúvel - 60ms (contendo $5,63 \text{ mg P.g}^{-1}$), 6) Rocha pura grossa moída acidificada 60% com micro insolúvel - 60mi (contendo $5,63 \text{ mg P.g}^{-1}$), 7) Rocha pura grossa moída acidificada 60% com micro insolúvel acidificado - 60mia (contendo $5,63 \text{ mg P.g}^{-1}$), 8) Fosfato monocálcico aplicado em solução em aplicação única no 1^o cultivo - fsfc, 9) Fosfato monocálcico aplicado em solução, de forma parcelada - p (50 % no 1^o e 50% no 2^o cultivo) e 10) tratamento controle, sem aplicação de fósforo e micronutriente. Todos os tratamentos, com exceção do controle, receberam o total equivalente a $100 \text{ mg de P.kg}^{-1}$ de solo. De forma incorporada no volume total do solo antes do 1^o cultivo, com exceção do tratamento com fonte solúvel parcelada, cuja aplicação foi com 50% no 1^o e 50% no 2^o cultivo. A definição da dose de fósforo foi realizada em experimento preliminar analisando curva de resposta ao P para o referido solo.

Em todas as unidades experimentais foram semeadas oito sementes e, em seguida, foram adicionados 100 mL de solução nutritiva contendo todos os nutrientes necessários para o crescimento e desenvolvimento da cultura. Três dias após a emergência foi realizado o desbaste, deixando-se duas plantas por vaso. Após os 45 dias de cada plantio, as plantas foram seccionadas ao nível do solo. As amostras foram transferidas para estufa de circulação forçada de ar a 65°C , até peso constante. Após a secagem, foi determinada a massa seca

seguida de moagem do material em moinho tipo Wiley. A determinação de nutrientes nas amostras vegetais foi realizada conforme Malavolta et al. (1997). Determinou-se o índice de eficiência relativa (IER) dos fertilizantes de acordo com Goedert et al. (1986). Os dados foram submetidos ao teste de Bartlett (5% de significância) e ao teste de Shapiro-Wilk (5% de significância). Os dados que não atenderam os requisitos dos testes, foram tratados com Box-Cox ou raiz quadrada. Todas as análises estatísticas foram realizadas por meio do software R. Os pacotes utilizados foram easyanova (ARNHOLD, 2013), e ggplot2 (WICKHAM, 2016).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No primeiro plantio, o tratamento fosfato monocalcico aplicado de forma completa (fsfc) obteve maior produção de matéria seca, seguido do tratamento parcelado (p). Este foi estatisticamente superior aos demais tratamentos (Figura 1). Os tratamentos rocha pura grossa moída acidificada a 60% com adição de micro solúvel (60ms), rocha pura grossa moída acidificada a 60% com adição de micro insolúvel acidificado (60mia) e o tratamento rocha pura grossa moída acidificada a 60% com adição de micro insolúvel (60mi) foram estatisticamente semelhantes e apresentaram maior acúmulo de MSPA em relação aos demais fosfatos de rocha (FR). No segundo plantio o tratamento parcelado foi estatisticamente superior aos demais tratamentos. É importante notar que neste plantio o tratamento 30mi apresentou média estatisticamente superior ao tratamento fsfc. Já no terceiro plantio os tratamentos parcelados, 30mi, 60mi, 60ms e 60mia, foram estatisticamente superiores ao tratamento fsfc.

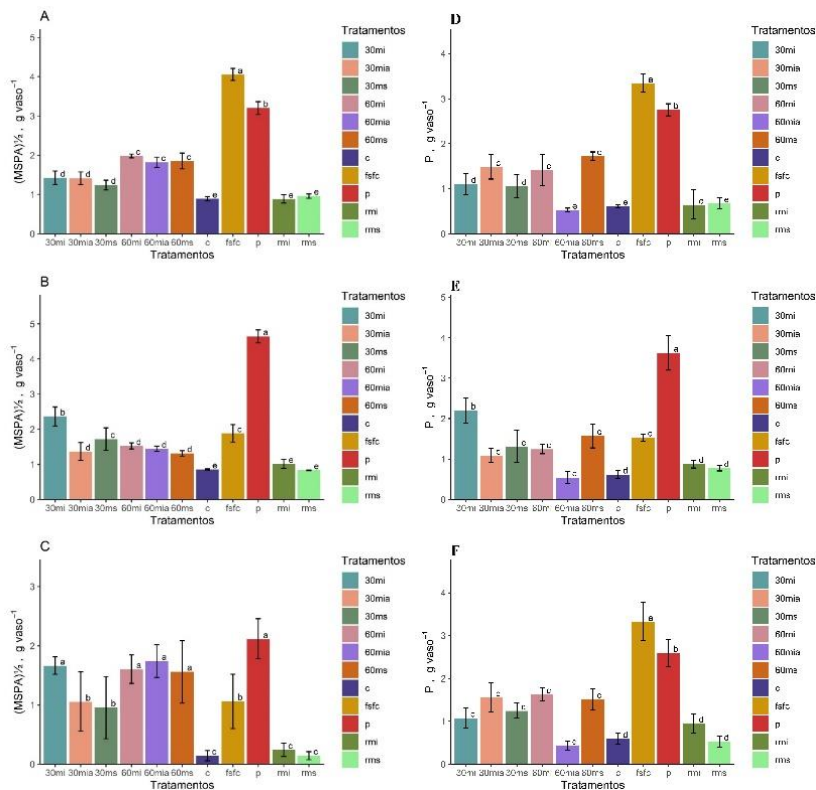


Figura 1. Massa seca (MSPA) e acúmulo de fósforo (P) na parte aérea de plantas de milho no primeiro (A e D), segundo (B e E) e terceiro (C e F) plantios. Letras diferentes representam diferença significativa, letras iguais representam semelhança estatística a 5% Scott-Knott. C (tratamento sem fósforo e sem micro), fsfc (fosfato monocálcico p.a completo), P (fosfato monocálcico p.a parcelado), rmi (Rocha pura grossa moída com micro insolúvel), rms (Rocha pura grossa moída com micro solúvel), 30ms (Rocha pura grossa moída acidificada 30% micro solúvel), 30mi (rocha pura grossa moída 30% micro insolúvel), 30mia (rocha pura grossa moída acidificada 30% micro insolúvel acidificado), 60ms (rocha pura grossa moída acidificada 60% micro solúvel), 60mi (rocha pura grossa moída 60% micro insolúvel), 60mia (rocha pura grossa moída 60% micro insolúvel acidificado).

A acidificação pode ter acentuado a solubilidade dos micronutrientes presentes na rocha. Melo et al. (2012), estudando incubação do solo com pó de rocha basáltica, observaram dissolução acentuada e maior disponibilização para a solução do solo de micronutrientes como Mn⁺², Cu⁺² e Fe⁺². O fsfc no primeiro plantio, produziu maior acúmulo de fósforo em relação aos demais tratamentos. A fonte solúvel aplicada com a metade da dose, foi superior aos FR. Já os tratamentos 30mia, 60mi e 60ms apresentaram semelhança estatística e médias superiores aos demais tratamentos (Figura 1). Já no segundo plantio, o tratamento parcelado sobressai em relação aos demais tratamentos e obteve maior média no acúmulo de fósforo. Neste plantio a 30mi, obteve maior acúmulo de fósforo quando comparado com o tratamento fsfc. No terceiro plantio, o fsfc acumulou mais fósforo em relação aos demais. Sendo que os tratamentos 60mia, 30mi, 30ms, 30mia, 60ms e p obtiveram médias estatisticamente semelhantes e superiores aos demais tratamentos.

Na análise da MSPA acumulada (Figura 2), os tratamentos fsfc e p apresentaram médias estatisticamente semelhantes na produção de matéria seca e superiores aos demais tratamentos. Na análise do fósforo acumulado (Figura 2), o fsfc demonstrou semelhança estatística ao tratamento parcelado, ambos superiores aos demais tratamentos. O FR 60mia apresentou o maior índice de eficiência relativa (IER) na produção de MSPA acumulada dos três cultivos entre os FR, em relação aos tratamentos controle e com fonte solúvel aplicada em dose única, com 30% no 1º cultivo e 50% no acumulado dos três cultivos (Figura 2). O IER aumentou para todos os FR quando considerado o acumulado nos três cultivos em relação ao 1º cultivo. A fonte solúvel, aplicada de forma parcelada apresentou a maior IER no acumulado dos três cultivos.

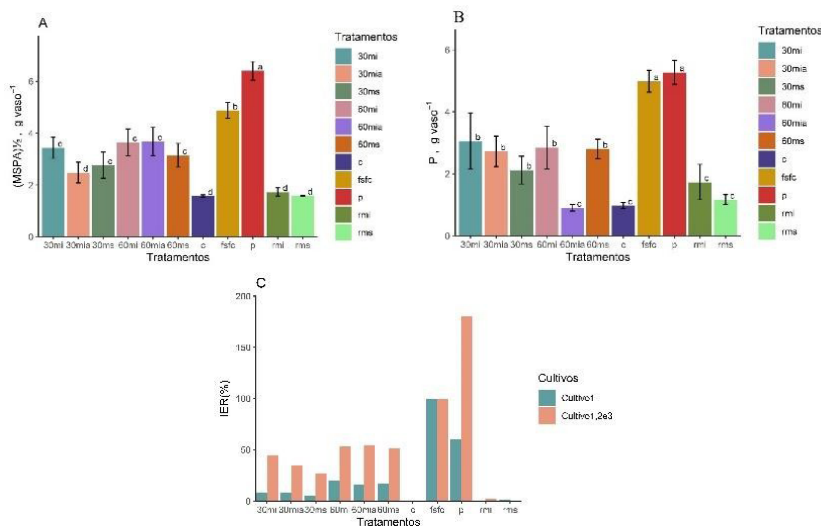


Figura 2. Massa seca (A) e acúmulo de fósforo (B) na parte aérea das plantas de milho acumulado nos três cultivos sequenciais. Índice de eficiência relativa (C) para produção de matéria seca da parte aérea de plantas de milho, referente ao 1o cultivo e ao acumulado em três cultivos. Letras diferentes representam diferença significativa, letras iguais representam semelhança estatística a 5% Scott-Knott. C (tratamento sem fósforo e sem micro), fsfc (fosfato monocálcico p.a completo), P (fosfato monocálcico p.a parcelado), rmi (Rocha pura grossa moída com micro insolúvel), rms (Rocha pura grossa moída com micro solúvel), 30ms (Rocha pura grossa moída acidificada 30% micro solúvel), 30mi (rocha pura grossa moída 30% micro insolúvel), 30mia (rocha pura grossa moída acidificada 30% micro insolúvel acidificado), 60ms (rocha pura grossa moída acidificada 60% micro solúvel), 60mi (rocha pura grossa moída 60% micro insolúvel), 60mia (rocha pura grossa moída 60% micro insolúvel acidificado).

A baixa disponibilização de fósforo pode ser devido a possível dissolução de elementos químicos como Fe⁺³, Al⁺³, Mn⁺², que possivelmente em contato com íons ortofosfatos no solo precipitaram na forma de fosfato de ferro, fosfato de alumínio e fosfato de manganês. Segundo Parfitt (1989), a adsorção de íons ortofosfatos podem ocorrer nas imediações das partículas dos fertilizantes fosfatados, adsorvendo com íons trocáveis (Al⁺³, Ca⁺², Mg⁺², K⁺, Na⁺) presentes nos solos.

CONCLUSÕES

A fonte solúvel parcelada apresentou maior produção de MSPA. A fonte solúvel aplicada de forma completa e parcelada obteve estatisticamente maior acúmulo de fósforo em relação aos FRs na MSPA.

O IER dos FR aumentou no acumulado dos três cultivos em relação ao primeiro cultivo, mostrando potencial efeito residual dessas fontes.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA DIFUSÃO DE ADUBOS - ANDA. **Anuário estatístico**

do setor de fertilizantes 2020. São Paulo: ANDA, Comitê Estatístico, 2021.

ARNHOLD, E. Pacote no ambiente R para análise de variância e análises complementares. **Revista Brasileira de Pesquisa Veterinária e Zootecnia**, v.50, n.6, p.488-492, 2013.

GASQUES, J. G., REZENDE, G. C. D., VILLA VERDE, C. M., SALERNO, M. S.,

CONCEIÇÃO, J. C. P. R. D., & CARVALHO, J. C. D. S. **Desempenho e crescimento do agronegócio no Brasil**.2004.

RESENDE, A. V. D., FURTINI NETO, A. E., ALVES, V. M. C., MUNIZ, J. A., CURTI, N.,

FAQUIN, V., ... & CARNEIRO, L. F. Fontes e modos de aplicação de fósforo para o milho em solo cultivado da região do Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** , v. 30, p. 453-466, 2006.

FYFE, W.S., KRONBERG, B.I., LEONARDOS, O.H., OLORUNFEMI, n. *Global tectonics*

agriculture: geochemical perspective. **Agriculture Ecosystem and Environment**, Amsterdam, v. 9, n. 4, p. 383–399, jul. 1983

GILLMAN, G.P.; BURKETT, D.C.; COVENTRY, R.J. A laboratory study of application of basalt dust to highly weathered soils: effect on soil cation chemistry. **Australian Journal of Soil Research**, Melbourne, v. 4, n. 39, p. 799–811, 2001.

SANTOS, H.G., JACOMINE, P.K.T., DOS ANJOS, L.H.C., DE OLIVEIRA, V.A.,

LUMBRERAS, L.F., COELHO, M.R., & CUNHA, T.J.F. Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília, DF: Embrapa, 2018.

TEIXEIRA, P.C., DONAGEMMA, G.K., FONTANA, A., & TEIXEIRA, W.G. **Manual de métodos de análise de solo**. Brasília, DF: EMBRAPA. 573p. 2017.

PARFITT, RL. Reações de fosfato com alofano natural, ferridrita e goetita. **Journal of Soil Science** , v. 40, n. 2, pág. 359-369, 1989.

RAIJ, B. van; ANDRADE, J.C. de; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2001. 285p.

WICKHAM, H. ggplot2: **Elegant graphics for data analysis**. New York, NY: Springer, 2016.

MELO, V.F.; UCHÔA, S.C.P.; OLIVEIRA DIAS, F.; BARBOSA G.F. Doses de basalto moído nas propriedades químicas de um Latossolo Amarelo distrófico da savana de Roraima. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 42, n.4, p. 471-476, 2012.