

APLICAÇÃO DE FERTILIZANTES FOSFATADOS ASSOCIADOS A MICRONUTRIENTES NO ACÚMULO DE MANGANÊS, FERRO E COBRE PARA A CULTURA DO MILHO

Data de aceite: 03/07/2023

Jéssica Franciele Kaminski Ramos

Mestranda do Pós-Graduação em Agronomia- Ciência do Solo (UFRRJ)

João Augusto Dourado Loiola

Doutorando do Pós-Graduação em Agronomia- Ciência do Solo (UFRRJ)

Gabriel Carlos Francisco

Graduando em Agronomia (UFRRJ)

Ricardo de Castro Dias

Graduando em Engenharia Química (UFRJ)

Everaldo Zonta

Professor Titular do Departamento de Solos- IA (UFRRJ)

Vinicius de Melo Benites

Pesquisador da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA Solos)

RESUMO: O objetivo do trabalho foi avaliar o acúmulo de nutrientes na parte aérea do milho, em dois plantios sucessivos, através da aplicação de fertilizantes fosfatados multinutrientes produzidos a partir de rocha fosfáticas sedimentar moída *in natura* e parcialmente acidulada. Os tratamentos foram compostos de combinações entre

micronutrientes solúveis e insolúveis em rocha grossa moída acidificada (30 e 60% de H₂SO₄ para análise). O estudo foi arranjado em delineamento em blocos casualizados com quatro repetições. O acúmulo de Mn e Fe foi superior quando aplicado pela fonte solúvel de forma completa. O acúmulo de Fe e Cu foram superiores quando aplicados pela fonte solúvel de forma parcelada. Os fertilizantes fosfatados não foram capazes de suprir a necessidade de Mn, Fe e Cu para a cultura do milho.

PALAVRAS-CHAVE: fosfato; micronutrientes; *Zea mays*.

APPLICATION OF PHOSPHATE FERTILIZERS ASSOCIATED WITH MICRONUTRIENTS ON THE ACCUMULATION OF MANGANESE, IRON AND COPPER IN MAIZE CROPS

ABSTRACT: The objective of the work was to evaluate the accumulation of nutrients in the aerial part of corn, in two successive plantings, through the application of multinutrient phosphate fertilizers produced from ground sedimentary phosphaterock in natura and partially acidulated. Treatments were composed of combinations between soluble and insoluble micronutrients in

acidified coarse ground rock (30 and 60% H₂SO₄ for analysis). The study was arranged in a randomized block design with four repetitions. The accumulation of Mn and Fe was higher when applied by the soluble source in a complete form. The accumulation of Fe and Cu were higher when applied by the soluble source in portions. Phosphate fertilizers were not able to supply the needs of Mn, Fe and Cu for corn.

KEYWORDS: phosphate; micronutrients; *Zea mays*.

INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays*) é o terceiro cereal mais cultivado no planeta e amplamente difundido nas propriedades agrícolas do Brasil. As plantas superiores necessitam de dezessete elementos para completar seu ciclo de vida, três destes (C, H, O) são retirados do ar e da água e o restante é absorvido pelas raízes na solução do solo. Conforme Malavolta (2006), os nutrientes minerais se dividem em macro (N, P, K, Ca, Mg e S) e micronutrientes (Cl, Mn, B, Zn, Fe, Cu, Ni e Mo).

O P é componente estrutural de ácidos nucleicos, fosfolipídeos, fosfoproteínas, coenzim e atua na transmissão de energia às células através da fotossíntese e da respiração celular (GRANT et al., 2010). A limitação do P afeta o crescimento das raízes e conseqüentemente a absorção de água e demais nutrientes. Os fertilizantes fosfatados são classificados de acordo com sua solubilidade. Os fosfatos solúveis, provenientes da acidulação da rocha fosfática, disponibilizam o P rapidamente na solução do solo, entretanto ao aumentar a concentração, rapidamente é fixado ou adsorvido a compostos insolúveis. Em contrapartida, os fosfatos naturais por serem menos solúveis, liberam lentamente o mineral de sua estrutura cristalina, apresentando como vantagem maior efeito residual no solo, podendo ser aplicados como suplementação em culturas anuais, como o milho (KORNDORFER et al., 1999). A adubação de fertilizantes fosfatados acrescidos de micronutrientes é uma alternativa na suplementação nutricional, atuando como carreadores, incrementando na produção de matéria seca e acúmulo dos elementos na biomassa vegetal (COSTA et al., 2013).

O objetivo do trabalho foi mensurar o acúmulo de Mn, Fe e Cu na parte aérea do milho, através da aplicação de fertilizantes fosfatados multinutrientes produzidos a partir de rocha fosfática sedimentar natural e parcialmente acidificada.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, localizada no Departamento de Solos da UFRRJ, em Seropédica-RJ. Utilizou-se o solo da camada de 0-20 cm de profundidade, classificado como Latossolo Vermelho (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. Após estabilização do pH, foi realizado a caracterização química

do solo conforme Teixeira et al. (2017) e Raji et al. (2018), apresentando as seguintes características: Na ($0,2 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$); K ($5 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$); Mg ($4 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$); Ca ($29 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$); H+Al ($39 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$); Al_{KCl} ($0 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$); 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}).

O experimento foi conduzido no delineamento em blocos casualizados com 4 repetições e 10 tratamentos, em dois cultivos sucessivos. As unidades experimentais foram compostas de vasos plásticos de 2 dm^{-3} com 1,8 kg de solo, contendo 2 plantas de milho (híbrido BM 3066). Os tratamentos foram: 1- Rocha pura grossa moída com micro solúvel – “rms”; 2- Rocha pura grossa moída com micro insolúvel – “rmi”; 3- Rocha pura grossa moída acidificada 30% com micro solúvel – “30 ms”; 4- Rocha pura grossa moída acidificada 30% com micro insolúvel “30 mi”; 5- Rocha pura grossa moída acidificada 30% com micro insolúvel acidificado – “30 mia”; 6- Rocha pura grossa moída acidificada 60% com micro solúvel – “60 ms”; 7- Rocha pura grossa moída acidificada 60% com micro insolúvel – “60 mi”; 8-Rocha pura grossa moída acidificada 60% com micro insolúvel acidificado – “60 mia”; 9- Fosfato monocálcico aplicado em solução em aplicação única no 1^o cultivo– “fsfc”; 10- Fosfato monocálcico aplicado em solução, de forma parcelada – “p” (50 % no 1^o e 50% no 2^o cultivo) e 11- tratamento controle, sem aplicação de fósforo e micronutriente – “c”. O teor de P na rocha fosfática pura foi de $9,21 \text{ mg P g}^{-1}$, com acidulação de 30% apresentou $7,17 \text{ mg P g}^{-1}$ e no nível de 60% de acidulação com $5,63 \text{ mg P g}^{-1}$. A rocha fosfática advém da jazida sedimentar de Pratápolis-MG pertencente à Morro Verde Fertilizantes.

Os tratamentos receberam o equivalente a $100 \text{ mg de P kg}^{-1}$ de solo que foram incorporada ao solo antes do 1^o cultivo, com exceção do tratamento com fonte solúvel parcelada. A definição da dose de fósforo foi realizada em experimento preliminar analisando curva de resposta de P para o referido solo e o híbrido em questão. Após os 45 dias de cada plantio, as plantas foram seccionadas ao nível do solo e transferidas para estufa de circulação forçada de ar a $65 \text{ }^\circ\text{C}$, até massa constante. Foi determinada a massa seca e posteriormente moído em moinho tipo faca tipo Wiley o material vegetal. A determinação de Mn, Cu e Fe foram realizadas conforme Malavolta et al. (1997). Os dados foram submetidos ao teste de Bartlett (5% de significância) para homogeneidade de variância e ao teste de Shapiro-Wilk para normalidade (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.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1, 2 e 3 apresenta o acúmulo de micronutrientes na parte aérea de plantas de milho no primeiro e segundo plantio de milho do experimento rocha fosfática acidulada acrescida de micronutrientes acidulados ou não acidulados. Houve acúmulo de micronutrientes (Mn, Cu e Fe) na parte aérea das plantas, bem como um incremento

e o efeito residual dos fosfatos naturais na disponibilização dos micronutrientes. O Mn obteve maior acúmulo na parte aérea quando aplicado por “Fsc” e “p”, no primeiro plantio. No segundo plantio os tratamentos “Fsc”, “p”, “60mi”, “60mia”, “60ms”, “30mi”, “30mia”, “30ms”, não diferiram significativamente entre si, porém apresentaram diferença estatística em relação aos demais.

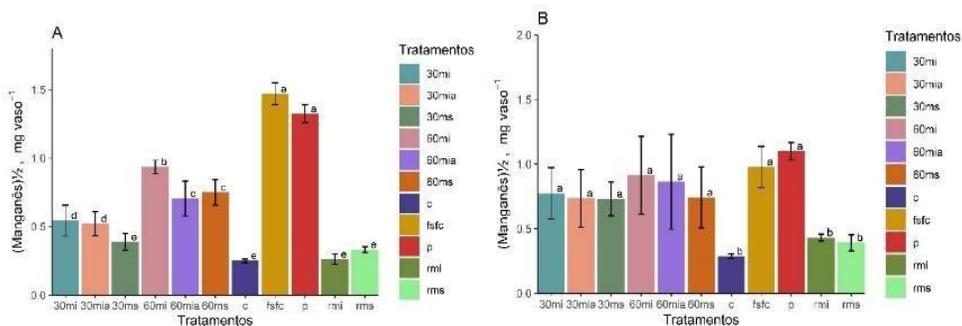


Figura 1. Acúmulo de Mn na massa seca da parte aérea das plantas de milho. Primeiro plantio (A), segundo plantio (B) do experimento rocha pura grossa moída fosfática acidulada acrescidas de micronutrientes acidulados ou não acidulados. Letras iguais nas colunas não difere significativamente entre si pelo teste de Scott-Knott (5%).

No acúmulo de Fe no primeiro plantio, o tratamento “Fsc” apresentou diferença significativa ao tratamento “p”, enquanto que este foi que os demais tratamentos. Dentre as rochas fosfáticas, o tratamento 60mi apresentou valores superior no acúmulo de Fe no primeiro cultivo. Apenas no segundo plantio os tratamentos “Fsc”, “60mi”, “60mia”, “60ms”, “30mi”, “30mia”, “30ms” obtiveram médias estatisticamente semelhantes no acúmulo de ferro. Sendo que o tratamento parcelado, “p”, obteve média superior a todos os tratamentos no segundo plantio.

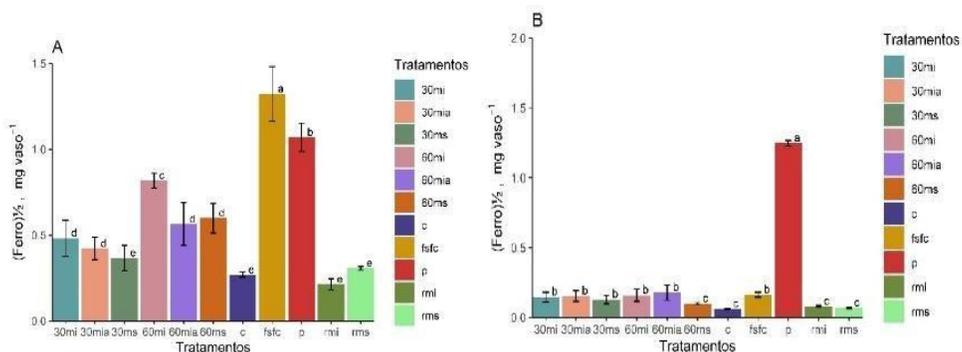


Figura 2. Acúmulo de Fe na massa seca da parte aérea das plantas de milho. Primeiro plantio (A), segundo plantio (B) do experimento rocha pura grossa moída fosfática acidulada acrescidas de micronutrientes acidulados ou não acidulados. Letras diferentes representam diferença significativa, letras iguais representam semelhança estatística a 5% pelo teste Scott-Knott.

A rocha pura grossa moída utilizada neste experimento continha teor de Mn de 0,51% e 7,92% de Fe. Após a acidificação deste material ocorre a disponibilidade dos íons para a solução do solo (RAIJ et al., 2011). Nota-se um maior acúmulo de Cu nos tratamentos “Fsfc” e “p” em plantas de milho do primeiro cultivo. Já no segundo cultivo o acúmulo de Cu foi superior quando aplicou-se o fosfato monocálcico de forma parcelada. Sendo que neste plantio os tratamentos “Fsfc”, “60mi”, “60mia”, “60ms”, “30mi”, “30mia”, “30ms” os valores foram semelhantes no acúmulo de Cu.

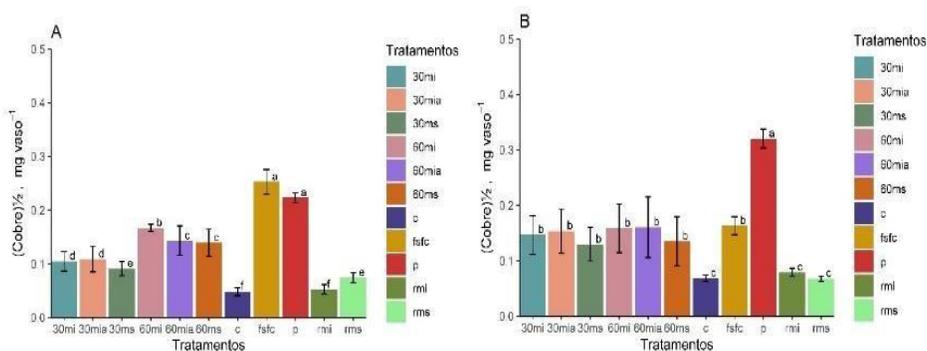


Figura 3. Acúmulo de Cu na massa seca da parte aérea das plantas de milho. Primeiro plantio (A), segundo plantio (B) do experimento rocha fosfática pura grossa moída e acidulada acrescidas de micronutrientes acidulados ou não acidulados. Letras diferentes representam diferença significativa, letras iguais representam semelhança estatística a 5% Scott-Knott.

A presença e/ou concentração de elementos químicos constituintes da rocha fosfática é dependente da sua região de depósito sedimentar. Geralmente as rochas sedimentares possuem em sua composição teores consideráveis de metais que podem auxiliar na nutrição de plantas ou muitas das vezes podem se apresentar tóxicos à nutrição vegetal e humana. A adubação com os fertilizantes fosfatados não suprir a demanda de Mn, Fe e Cu pela cultura do milho. Os teores foliares de Mn exigidos pela cultura do milho variam entre 20 a 200 mg kg⁻¹ (RAIJ et al., 2011). Já para o Fe os teores ideais estão entre 20 a 250 mg kg⁻¹ (RIBEIRO et al., 1999). Geralmente o teor de Cu na matéria seca da planta do milho variam entre 3 a 4 mg kg⁻¹ (BERTON et al., 1997).

CONCLUSÕES

O acúmulo de micronutrientes na parte aérea do milho foi maior com aplicação da fonte solúvel de P, completa ou parcelada. Os fertilizantes fosfatados não foram capazes de suprir a necessidade nutricional de Mn, Fe e Cu da cultura do milho.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

BELOUSOVA, E. A.; WALTERS, S.; GRIFFIN, W. L.; O'REILLY, S.Y. Assinaturas de elementos-traço de apatitas em granitóides do Monte Isa Inlier, noroeste de Queensland. **Australian Journal of Earth Sciences**, 48 (4), 603-619.2001.

BERTON, R.S. et al. Peletização do lodo de esgoto e adição de CaCO₃ na produção de matéria seca e absorção de Zn, Cu e Ni pelo milho em três LATOSSOLOS. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.21, p.685-691, 1997.

COSTA, A.; MIYAZAWA, M.; TISKI, I. Fontes de fósforo e micronutrientes no crescimento e estado nutricional do milho. In: XXXIV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. Florianópolis, SC. 2013. **Anais SBCS**, n. 2182.

KORNDORFER, G.H; CABEZAS, L, W.A.L; HOROWITZ, N. Agronomic efficiency of reactive rock phosphates for corn production in Brazil. **Scientia Agricola**. Piracicaba, SP. 1999.

GRANT, C.A; FLATE, D.N; TOMASIEWICZ, D. J; SHEPPARD, S.C. A importância do fósforo no desenvolvimento inicial da planta. Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, **Informações agrônômicas**, n° 95, set. 2001.

MALAVOLTA, E. Manual de Nutrição Mineral de Plantas. 1 ed. São Paulo. **Editora Agronômica Ceres**, 2006. 638p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. Piracicaba: Potafos, 1997. 319 p.

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 Amazonica, Manaus**, v. 42, n.4, p. 471-476, 2012.

RAIJ, B. V. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo . Campinas: **IAC**, 1996.

RAIJ, B. V. Fertilidade do solo e manejo de nutrientes. **Internacional Plant Nutrition Institute**, Piracicaba. 218 p., 2011.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. H. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª Aproximação. Viçosa: **Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais – CFSEMG**, 1999. 359 p.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P.K.T; ANJOS, L. H. C; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A; ARAUJO FILHO, J. C; OLIVEIRA, J. B; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**, 5. Ed. Ver. E ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2018.

TEIXEIRA, P. C; DONAGEMMA, G. K; FONTANA, A; TEIXEIRA, W. G. **Manual de métodos de análise de solo**. 3. Ed. Ver. E ampl. 574 p. Brasília, DF: Embrapa, 2017.