



## XX Congreso Latinoamericano y XVI Congreso Peruano de la Ciencia del Suelo

“EDUCAR para PRESERVAR el suelo y conservar la vida en La Tierra”

Cusco – Perú, del 9 al 15 de Noviembre del 2014  
Centro de Convenciones de la Municipalidad del Cusco

### ACÚMULO DE MASSA SECA E DE NUTRIENTES EM MILHETO ADUBADO COM ROCHAS SILICÁTICAS EM SOLO DE CERRADO

Marriel, I.E.<sup>1\*</sup>; Melo, I.G.<sup>3</sup>; Resende, A.V.<sup>1</sup>; Coelho, A.M.<sup>1</sup>; Paiva, C.A.O.<sup>1</sup>; Martins, E.S.<sup>2</sup>; Batista, A.M.<sup>4</sup>; Soares, E.A.C.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Embrapa Milho e Sorgo; <sup>2</sup>Embrapa Cerrados; <sup>3</sup>Bolsista/Graduanda Engenharia Ambiental - UNIFEMM, Sete Lagoas; <sup>4</sup>Bolsista/Graduanda Agronomia-UFSJ, Sete Lagoas, MG.

Autor de contato: E-mail: [ivanildo.marriel@embrapa.br](mailto:ivanildo.marriel@embrapa.br) José Alencar Drumond54 Cambuí, Sete Lagoas, Brasil; 31 – 30271201.

#### RESUMO

A prospecção de agrominerais existentes em território brasileiro, como alternativa aos fertilizantes químicos importados, torna-se relevante para a produção agrícola. Objetivou-se avaliar o potencial de diferentes rochas silicáticas como fontes de nutrientes para o cultivo de milho. O experimento foi conduzido na Embrapa Milho e Sorgo-Sete Lagoas-MG, em vasos de 5,0 kg de solo, em casa-de-vegetação. Utilizou-se um LATOSSOLO VERMELHO Distrófico, fase cerrado, adubado de acordo com análise química do solo, exceto em relação ao potássio. Foram testadas seis fontes de potássio, sendo quatro rochas silicáticas (biotita, brecha, ultramáfica alcalina e flogopitito), um subproduto da extração de manganês (RMS) e o cloreto de potássio, como referência, em dosagens equivalentes a 0, 75, 150 e 300 Kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, em blocos casualizados, com quatro repetições. O crescimento e incorporação de nutrientes pelas plantas de milho foram influenciados significativamente pela aplicação de K<sub>2</sub>O, com variados graus de respostas dependentes do nutriente, dose e fonte. Destacam-se as fontes RMS, ultramáfica alcalina, que apresentaram eficiência similar ao KCl em relação à produção de biomassa e absorção de K, na dose intermediária do nutriente. E, ainda proporcionaram maior conteúdo de enxofre e de zinco na parte aérea das plantas. Houve antagonismo acentuado entre absorção de potássio e cálcio + magnésio pelas plantas. A absorção dos demais macronutrientes não foi alterada, independente das fontes. Os benefícios da aplicação de rochas silicáticas como fontes de nutrientes para o milho dependem do tipo de rocha e da quantidade aplicada

## **PALAVRAS-CHAVE**

Agrominerais; fontes de potássio; absorção de nutrientes

## **INTRODUÇÃO**

Nos últimos anos, a atividade agrícola tem assumido importância crescente na economia brasileira nas dimensões econômicas, sociais e ambientais. Entretanto, a dependência elevada das cadeias produtivas deste setor em fertilizantes químicos importados, aproximadamente 90% no caso do potássio, torna altamente relevante a busca de alternativas que permitam minorar esta dependência. Ademais, torna-se desejável reduzir a significativa evasão de divisas do País com importação destes insumos e produtos. Fatos estes que poderão comprometer a sustentabilidade e competitividade da atividade agrícola nacional, uma vez que tornam os custos de produção, em relação aos fertilizantes, diretamente atrelados às oscilações dos preços de recursos naturais não renováveis, no mercado global.

O potássio (K) desempenha um papel importante nas funções básicas do crescimento e desenvolvimento da planta. Além disso, K também está envolvido em inúmeras funções fisiológicas relacionadas com a saúde das plantas e tolerância a estresses bióticos e abióticos (ANSCHÜTZ et al., 2014; ZÖRB et al., 2014; COELHO, 2005). Não obstante, tradicionalmente, os teores de potássio sejam considerados como adequados em solos brasileiros, nos anos recentes, têm sido observadas limitações do potencial produtivo relacionadas à baixa disponibilidade deste nutriente, principalmente em áreas com exploração agrícola intensiva envolvendo culturas com elevadas capacidades extração e/ou exportação (OLIVEIRA JÚNIOR et al., 2010; KHAWILKARE & RAMTEKE, 1993). Por outro lado, vale salientar o potencial da geodiversidade de agrominerais e de rochas do País, que apresentem interesse de natureza industrial, de conservação de recursos minerais e de minimização do impacto ambiental (DNPM, 2009). Conseqüentemente, tem merecido atenção especial da pesquisa, estudos diversos para dimensionar as reservas de minerais disponíveis nas proximidades das áreas de aplicação, como substituto ou complemento da fertilização química. Neste cenário, tem sido bastante discutida a aplicação direta de rochas moídas ou contendo finos naturais ao solo, como recursos multinutrientes para o desenvolvimento agrícola (THEODORO & LEONARDO 2006; STRAATEN 2007; MARTINS et al., 2010). Resultados de pesquisas têm indicado que rochas silicáticas, contendo quantidades razoáveis de flogopitito ou biotita e com distribuição ampla em território nacional, podem contribuir de modo significativo para o suprimento de potássio para a agricultura e pecuária (NASCIMENTO & LOUREIRO, 2004; MARTINS ET AL., 2010). Em certos casos, além do potássio, estas rochas podem fornecer outros nutrientes e apresentar efeito alcalinizante, atuando como condicionadores de solo (RESENDE et al., 2006).

Este estudo teve como objetivo avaliar diferentes rochas silicáticas como fontes de nutrientes para o cultivo de milho, em casa-de-vegetação.

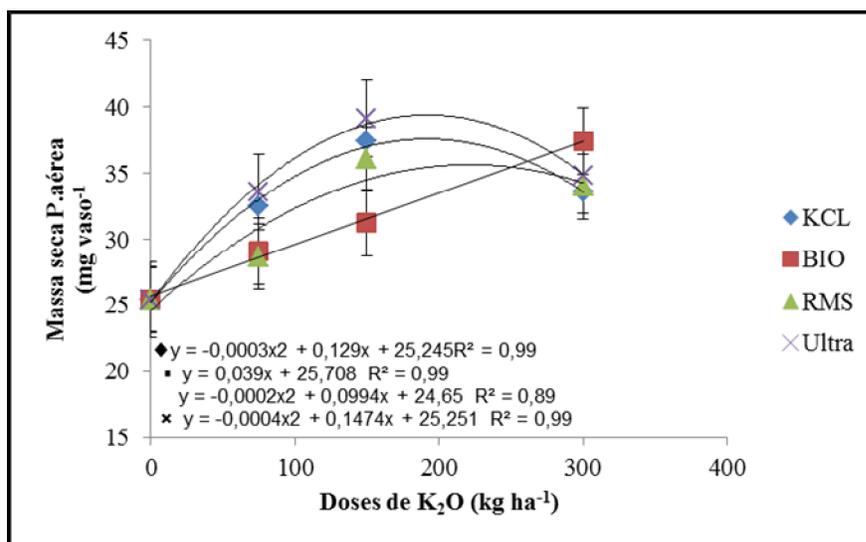
## **MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi conduzido em casa-de-vegetação da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas-MG, Brasil. Foram utilizados vasos com capacidade de 5,0 kg de amostras superficiais (0-20 cm) de LATOSSOLO VERMELHO Distrófico, fase cerrado cultivado com a cultivar de milho BRS 1501. Exceto em relação ao potássio, efetuou-se uma adubação básica de acordo com os resultados da análise do solo, que revelaram as seguintes características químicas: pH H<sub>2</sub>O = 6,33; H+Al=3,99 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Al=0,00 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Ca=4,08 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Mg=0,83 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; k=40,67 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; P=13,67 g dm<sup>-3</sup>; matéria orgânica=3,64 dag kg<sup>-1</sup>; SB=5,02 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; CTC=9,0 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; V= 53,3 %; Sat Al=0,00 %. Foram testadas seis fontes de K, sendo quatro tipos de rochas silicáticas moídas (biotita - 5% de K<sub>2</sub>O, flogopitito- 5,73 % de K<sub>2</sub>O, ultramáfica alcalina -2,79 % de K<sub>2</sub>O e brecha -1,69 % de K<sub>2</sub>O), um subproduto da indústria de

extração de manganês, (RMS)- 10% K<sub>2</sub>O solúvel em água e o cloreto de potássio (KCl) como fonte de referência, em dosagens equivalentes a 0, 75, 150 e 300 Kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, em delineamento de blocos casualizados, com quatro repetições. Aos 70 dias após o plantio, foi realizada a coleta da parte aérea das plantas. O material vegetal foi seco, à temperatura de 65 °C até peso constante, pesado e, posteriormente, moído em moinho Willey com peneira de 0,20 mm de malha. Foram avaliados acúmulo de massa seca, teores e conteúdo de macronutrientes. Os dados foram submetidos à análise de variância. As médias referentes às fontes foram comparadas pelo Scott Knott a 5% de probabilidade, enquanto os efeitos das doses de K<sub>2</sub>O foram avaliados por meio de análise de regressão .

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

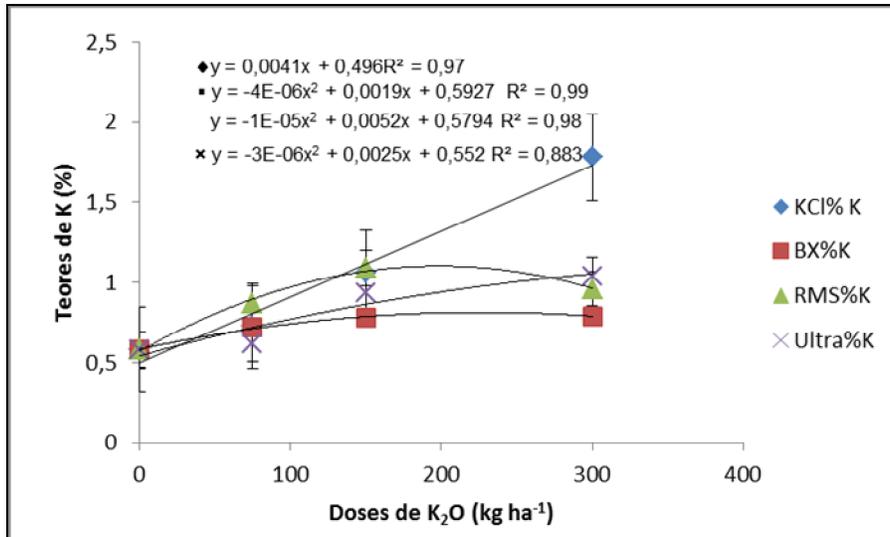
O milho apresentou resposta positiva à aplicação de K para a produção de massa seca e incorporação de nutrientes na parte aérea das plantas. Independente das fontes testadas, maior eficiência no acúmulo de massa seca na parte das plantas foi proporcionado pela dose equivalente a 150 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. Entretanto, os resultados obtidos para os coeficientes das equações de regressão revelaram interação significativa entre doses e fontes de K. Na figura 1, nota-se que houve efeito quadrático da aplicação de potássio sobre o acúmulo de massa seca das plantas em função das fontes RMS e ultramáfica alcalina, com tendências e eficiências similares às observadas para o KCl. Este fato demonstra que acima de determinada dose de K aplicada não ocorreu ganho de produtividade de biomassa. Em contraste, a aplicação de biotita proporcionou aumento linear no acúmulo de massa seca, indicando que mesmo a maior dose, 300 kg ha<sup>-1</sup>, não foi suficiente para fornecer todo o nutriente requerido pelas plantas. A aplicação da biotita resultou em valores inferiores às demais rochas, somente na presença da dose de 150 kg há<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. Enquanto, as rochas brecha e flogopitito não alteraram o acúmulo de massa seca da parte aérea das plantas. Resultados similares foram relatados para a liberação de K no solo pela ultramáfica (Ribeiro et al, 2010) e para RMS como fonte de K para as culturas de milho e soja, sob condições de campo (Coelho et al., 2010).



**Figura 1.** Acúmulo de massa seca na parte de plantas de milho em função de quatro doses de K<sub>2</sub>O, nas formas de KCl, biotita (bio), RMS e ultramáfica (ultra). Valores médios de quatro repetições.

De modo similar, a absorção de nutrientes pelas plantas de milho também foi influenciada pela fonte e suprimento de K ao solo, sendo a interação entre esses

fatores significativa ( $p < 0,05$ ). Assim como para a produção de massa seca, o aumento da disponibilidade do K no solo não resultou em aumento na concentração de K nos tecidos foliares, somente para as fontes brecha e flogopitito. Nos demais casos, houve resposta quadrática para teor de K na parte aérea das plantas, independente das fontes, exceto para o KCl, que apresentou efeito linear em relação ao teor (Figuras 2).

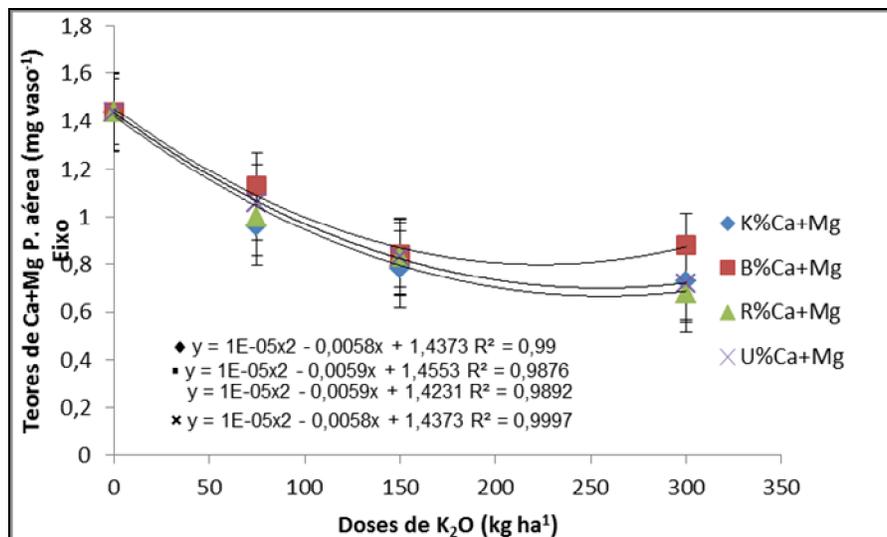


**Figura 2.** Teores de K na parte de plantas de milho em função de quatro doses de  $K_2O$ , nas formas de KCl, biotita (bio), RMS e ultramáfica alcalina (ultra). Valores médios de quatro repetições.

Resultados similares foram obtidos em relação ao acúmulo de K nas plantas (dados não mostrados). Detectou-se ainda que a aplicação de doses de  $300\ kg\ ha^{-1}$  de  $K_2O$ , nas formas de biotita e RMS e ultramáfica alcalina, promoveu maior acúmulo deste nutriente nas plantas, em torno de 40%, 29% e 30%, respectivamente. Enquanto, a dose intermediária de RMS e ultramáfica proporcionou acréscimo de aproximadamente 30% no acúmulo de S e de Zn, em comparação com a aplicação de KCl. A absorção de N e P não foi alterada pelo suprimento de K, independente das fontes testadas.

Por outro lado, o aumento nos teores nas plantas resultou em redução na absorção de  $Ca^{+}$   $Mg$  (Figuras 2 e 3). A ocorrência de antagonismo entre absorção destes cátions é bem estabelecida na literatura para diversas espécies de plantas (Oliveira et al., 2001; Mascarenhas et al. 1987; Rosolem, 2005). Sabe-se que a taxa de absorção de um íon pode ser afetada por outro, desde que estejam competindo diretamente pelo mesmo sítio carregador (Meurer, 2006), sendo que o desequilíbrio entre eles afeta negativamente a produção vegetal.

A despeito das interações dose x fonte significativa detectada para os diferentes parâmetros, as rochas biotita e ultramáfica e rejeito RMS apresentaram eficiências similares às do cloreto de potássio (Coelho et al., 2010; Ribeiro et al., 2010), sendo que aplicação da dose de  $150\ kg/ha$  proporcionou os melhores níveis de produção de massa seca das plantas de milho, à semelhança dos resultados relatados por Coelho et al. (2010).



**Figura 3.** Teores de K na parte de plantas de milho em função de quatro doses de K<sub>2</sub>O, nas formas de KCl, biotita (bio), RMS e ultramáfica alcalina (ultra). Valores médios de quatro repetições

## CONCLUSÃO

Os benefícios da aplicação de rochas silicáticas como fontes de nutrientes para o milho dependem do tipo de rocha e da quantidade aplicada.

As rochas ultramáfica alcalina e o rejeito RMS apresentam eficiências similares ao cloreto de potássio, na dose equivalente a 150 kg/ha de K<sub>2</sub>O, em relação ao acúmulo de massa seca e absorção de potássio pelo milho.

Há antagonismo significativo entre absorção de potássio e de cálcio + magnésio em plantas de milho.

As rochas ultramáfica alcalina e o rejeito RMS contribuem para o acúmulo de zinco e enxofre em plantas de milho, dependendo da dose aplicada.

## AGRADECIMENTOS

FAPEMIG, CNPq, UNIFEMM e UFSJ

## BIBLIOGRAFIA

- Anschütz, U., Becker, D., Shabala, S. 2014. Going beyond nutrition: regulation of potassium homeostasis as a common denominator of plant adaptive responses to environment. *Journal Plant Physiology* 171:670–87.
- Coelho, A. M., Marriel, I. E., Rocha, D. M. 2010. Relative Efficiency of sources of potassium in the fertilization of crop system pear millet and soybean. In: 18TH Symposium of the International Scientific Center of Fertilizers, 2010, Roma. *Fertilitas Agrorum*. Roma: CIEC, 2010. p. 5-562.
- Coelho, A.M. 2005. O potássio na cultura do milho. In: YAMADA, T. & ROBERTS, T.L. (Eds.). *Potássio na agricultura brasileira*. Piracicaba: Instituto da Potassa & Fosfato, p.612-658.
- Khawilkarsa and Ramteke J.R. 1993. Response of applied K in cereals in Maharashtra. *Agriculture*: 84–96.

- Martins, E. S. Resende, A.V. ; Oliveira, C. G. ; Furtini neto, A. E. 2010. Materiais Silicáticos como Fontes Regionais de Nutrientes e Condicionadores de Solos. In: F. R. C. Fernandes; A. B. da Luz; Z. C. Castilhos. (Org.). Agrominerais para o Brasil. 1ed.Rio de Janeiro, RJ: CETEM, 2010, v. 1, p. 89-104.
- Mascarenhas, H.A.A.; Tanaka, R.T.; Carmello, Q.A.C.; Gallo, P.B.; Ambrosano, G.M.B.2000. Calcário e potássio para a cultura da soja. *Scientia Agricola* 57:445-449.
- Meurer, E. J. Potássio. In: MANLIO, S. F. 2006.(Ed.). **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo 282-298.
- Oliveira Júnior, A.; Castro, C.; Klepker, D.; Oliveira, F. A. 2010. Soja. In: PROCHNOW, L.I.; CASARIN,W.; STIPP,S.R. (Ed.). Boas práticas para o uso eficiente de fertilizantes: culturas. Piracicaba: IPNI Brasil . 3:1-38.
- Resende, A.V.; Machado, C.T.T.; Martins, E.S.; Sena,.C.;Nascimento, M.T.; Silva, L.C.R. & Linhares, N.W. Rochas como fontes de potássio e outros nutrientes para culturas anuais. *Esp. Geog.*, 9:135-161, 2006b.
- Ribeiro, L.S, Santos, A.R. L. F.S.,Souza, J.S. 2010. Rochas silicáticas portadoras de potássio como fontes do nutriente para as plantas solo. *Revista Brasileira de Ciências do Solo* 34:891-897.
- Rosolem, C. A. Interação do potássio com outros íons. 2005. In: SIMPÓSIO SOBRE POTÁSSIO NA AGRICULTURA BRASILEIRA, 2., 2005, São Pedro. **Anais...** Piracicaba: Potafós. 239-260.
- Theodoro, S.H.; Leonardos, O.H. 2006.The use of rocks to improve family agriculture in Brazil. *An. Academia. Brasileira de Ciências* 78:721-730.
- Zörb, C., Senbayram, M., Peiter, E. 2014. Potassium in agriculture – status and perspectives. *Journal of Plant Physiology*. 171:656–69.