

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS**

**POTENCIAL DE ROCHAS SILICÁTICAS NO  
FORNECIMENTO DE NUTRIENTES PARA O SOLO E NA  
NUTRIÇÃO MINERAL DA SOJA**

**LUCIANO DA SILVA RIBEIRO**

**CRUZ DAS ALMAS - BAHIA**

ABRIL - 2007

**POTENCIAL DE ROCHAS SILICÁTICAS NO  
FORNECIMENTO DE NUTRIENTES PARA O SOLO E NA  
NUTRIÇÃO MINERAL DA SOJA**

**LUCIANO DA SILVA RIBEIRO**

Engenheiro Agrônomo  
Escola de Agronomia da Universidade Federal da Bahia, 2005

Dissertação submetida à Câmara de Ensino de Pós-Graduação e Pesquisa da Universidade Federal da Bahia como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre em Ciências Agrárias, Área de Concentração: Ciência do Solo.

**Orientador: Prof. Dr. Anacleto Ranulfo dos Santos**

UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA  
MESTRADO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
CRUZ DAS ALMAS - BAHIA - 2007

## FICHA CATALOGRÁFICA

R484

Ribeiro, Luciano da Silva

Potencial de rochas silicáticas no fornecimento de nutrientes para o solo e na nutrição mineral da soja/  
Luciano Silva Ribeiro. – Cruz das Almas, BA, 2007.

38f.: il., tab.

Orientador: Prof. Dr. Anacleto Ranulfo dos Santos.  
Dissertação (Mestrado) - Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2007.

1. Fertilizantes naturais – soja. 2. Fertilizantes potássicos. 3. Solo – rochas silicáticas I. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas. II. Título.

CDD 20 ed. 631.8

## COMISSÃO EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Anacleto Ranulfo dos Santos  
CCAAB - UFRB  
(Orientador)

---

Prof. Dr. Washington Luiz Contrin Duete  
CCAAB - UFRB

---

Dra. Adriana Maria de Aguiar Accioly  
EMBRAPA - Mandioca e Fruticultura Tropical

Dissertação homologada pelo Colegiado de Curso de Mestrado em Ciências Agrárias em .....

Conferindo o Grau de Mestre em Ciências Agrárias em .....

## **Agradecimentos**

Agradeço a Deus, por cada dia de conquistas e realizações;

A Edneci, pelo companheirismo e confiança;

A Henrique, pela alegria de cada dia;

A D. Maria Damiana, por todo esforço, e que esforço, empregado na confiança da chegada deste dia;

Aos amigos Anacleto e Luiz Francisco, que juntos neste período proporcionaram muito mais do que orientações técnicas, pois deles sei que levarei ensinamentos que terão aplicação em toda vida;

Ao programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela oportunidade;

As amigas Marise Caribé e Jamile Sousa, com as quais sempre posso contar.

Obrigado...

## SUMÁRIO

	Página
RESUMO	
ABSTRACT	
INTRODUÇÃO .....	01
Capítulo 1	
ROCHAS SILICÁTICAS PORTADORAS DE POTÁSSIO COMO FONTES DO NUTRIENTE PARA O SOLO .....	07
Capítulo 2	
ROCHAS SILICÁTICAS PORTADORAS DE POTÁSSIO NA NUTRIÇÃO MINERAL DA SOJA .....	21
CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	38

# **POTENCIAL DE ROCHAS SILICÁTICAS NO FORNECIMENTO DE NUTRIENTES PARA O SOLO E NA NUTRIÇÃO MINERAL DA SOJA**

Autor: Luciano da Silva Ribeiro

Orientador: DSc. Anacleto Ranulfo dos Santos

Co-orientadores: MSc. Luiz Francisco da Silva Souza; DSc. Herbet Conceição.

**RESUMO:** O objetivo deste trabalho foi avaliar, em casa-de-vegetação, o efeito da aplicação de rochas silicáticas portadoras de K (ultramáfica alcalina, brecha piroclástica e flogopitito) nas propriedades químicas do solo, na nutrição mineral e na produção de matéria seca da soja. Foi utilizado um Latossolo Amarelo com teor de K igual a  $0,03 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ . As rochas foram testadas sem correção e com correção de acidez do solo, neste caso elevando o valor V a 70%. Inicialmente, as rochas e o corretivo de acidez foram aplicados e incorporados aos solos de cada vaso, 3 kg de solo por vaso, deixando-os em incubação por um período de 45 dias, com a umidade em torno de 80% da capacidade de campo. Foram testadas as doses equivalentes a 75, 150, 225 e 300 kg  $\text{K}_2\text{O ha}^{-1}$  de todas as rochas e do KCl, usado como fonte de referência. A soja foi colhida 50 dias após o plantio, no estágio R2. Foram feitas análises do solo após o período de incubação e após o plantio da soja. O material vegetal colhido foi seco em estufa para posteriores análises químicas. A rocha ultramáfica alcalina foi o tratamento que promoveu os maiores rendimentos de massa seca da parte aérea da soja sem a aplicação de calcário e semelhante ao KCl quando foi realizada a calagem, promovendo também absorção adequada de Ca, Mg, Fe e Mn. A brecha piroclástica e o flogopitito não contribuíram para acréscimo da produção da parte aérea da soja.

**Palavras-chave:** pó de rocha; nutrição mineral; rochagem; fertilizantes potássicos.

# **POTENCIAL OF SILICATE ROCKS ON THE ENRICHMENT OF NUTRIENTS TO THE SOIL AND ON MINERAL NUTRITION OF SOYBEAN.**

Author: Luciano da Silva Ribeiro

Adviser: DSc. Anacleto ranulfo dos Santos

Co- Adviser: MSc. Luiz Francisco da Silva Souza

**ABSTRACT:** The greenhouse study evaluate the effect of the application of potassium enriched silicate rocks (alkaline ultramarphic, pyroclastic breach and flogopitito) on the soil chemical properties, on the mineral nutrition and on soybean dry matter production. A Yellow Latossol witch  $0.03 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  soil was used in the study. The rocks were tested without lime and with lime, in this case lime was added to raise the percentage of base saturation (V-value) to 70%. The rocks materials and the lime were incorporated to each experimental unit, pots containing 3 kg of soil. The material was incubated at soil humidity around 80% of the field capacity, for 45 days. The silicate rocks were added at doses equivalent to 75, 150, 225 and  $300 \text{ kg K}_2\text{O ha}^{-1}$ . An additional pot containing soil and KCl, the reference K source, was also incubated. Soil samples were analyzed after the incubation and after the soybean sowing. Soybean was harvested 50 days after sowing, in the stage R2. The harvested material was dry in stove and saved for chemical analyses. The rock alkaline ultramafica without the application of calcareous was the treatment that promoted the highest soybean shoot biomass production. This result was similar to KCl with lime which also contributed to appropriate absorption of Ca, Mg, Fe and Mn. The pyroclastic breach and the flogopitito didn't contribute to increment of the production of the aerial part of the soybean.

**Key words:** rock powder; mineral nutrition; rock; potash fertilizers.



## INTRODUÇÃO

A maior parte do território brasileiro é constituída por solos muito intemperizados, ácidos e pobres em nutrientes, sendo necessária aplicação de grandes quantidades de corretivos e fertilizantes para aumentar sua produtividade.

O potássio (K) é o macronutriente que apresenta maiores taxas de consumo na agricultura brasileira, fato que vem se evidenciando ainda mais nos últimos anos (LOPES, 2005). A dependência externa do País por fertilizantes e minerais de potássio é um fator que contribui para o aumento do preço desse tipo de fertilizante, reduzindo a competitividade da agricultura brasileira.

Dados do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM, 2001) mostram que em 2000 o Brasil importou 26 milhões de toneladas de  $K_2O$ , a um preço médio de US\$ 223,52/FOB/t. Em 2001 foram produzidos 595 mil toneladas, o que corresponde a 12% da demanda nacional e entre 2001 – 2010 o balanço projetado entre a oferta e a demanda de potássio (KCl) aponta um déficit a ser suprido via importação da ordem de 39,231 milhões de toneladas, o que acarretará, de acordo com o preço médio de 2000, um custo da ordem de 8.766 milhões de dólares nos próximos 10 anos.

Segundo Lopes (2005), em 2002 foram produzidos no complexo de Mina/Usina de Taquari-Vassouras, em Sergipe, única fonte produtora de fertilizantes potássicos no Brasil 627,31 mil toneladas de KCl, o que equivale a 337,27 mil toneladas de  $K_2O$ , quantidade muito inferior a demanda. Por esta razão, rochas silicáticas com teores expressivos de K tem sido objeto de estudos que visam avaliar seus potenciais como fontes alternativas para o suprimento de nutrientes às plantas.

No solo, o K é usualmente distinguido nas formas: K na solução do solo, K trocável, que se refere ao elemento fracamente adsorvido nos colóides do solo; K não-trocável que corresponde àquele retido na estrutura dos minerais ou fixado nas entrecamadas de argilominerais expansivos; K estrutural e K total (RAIJ, 1991). Nos solos brasileiros os principais minerais ligados à presença e à disponibilidade de K são os feldspatos de potássio, micas, vermiculitas e esmectitas (CURI et al., 2005).

Segundo Coelho (2005) entre os anos de 1970 e 1980 ocorreram vários testes, em casa-de-vegetação e a campo, com o objetivo de avaliar o potencial agrônômico de diversas rochas e minerais no fornecimento de K para as culturas. As

rochas eram aplicadas puras ou em misturas com outras rochas, *in natura* ou após sofrerem algum processo químico (acidificação) ou térmico com o objetivo de aumentar a reatividade e a solubilização desses materiais e a sua eficiência como fonte de nutrientes. Os resultados obtidos indicaram que, em sua maioria, a eficiência das rochas dependeu de sua origem e composição, fatores do solo, tempo de incubação e tratamento químico ou térmico aplicado. Entretanto, quando comparadas a uma fonte solúvel (KCl), apresentaram baixa eficiência agrônômica. Segundo Leonardos et al. (1987), nos solos do Brasil, uma grande variedade de rochas pode ser utilizada para fertilização do solo.

O processo de utilização de insumos a base de rochas é chamado de “rochagem”, termo inspirado na calagem que é o uso do pó de rocha calcária na correção da acidez do solo. No entanto, a utilização de rochas silicatadas diretamente no solo tem como principal problema o longo tempo normalmente necessário para que os nutrientes sejam disponibilizados, o que não ocorre com as rochas calcárias e fosfáticas de origem sedimentar, que são mais facilmente intemperizáveis.

Vários tipos de rochas silicáticas podem ser mais efetivos no suprimento de K, mesmo quando aplicadas *in natura*, desde que os minerais presentes nestas rochas liberem mais prontamente o nutriente, como ocorre com a flogopita e a biotita (CURI et al., 2005). Essas rochas são abundantes no Brasil e têm apresentado potencial promissor para uso como fontes de K quando moídas e aplicadas de maneira análoga ao calcário.

Outra possibilidade de aplicação destes materiais está relacionada aos sistemas orgânicos de produção, que representam atualmente um nicho de mercado promissor, uma vez que permitem obter maior valor agregado aos produtos, viabilizando diversos tipos de exploração agropecuária, mesmo em pequena escala.

Atualmente, a utilização de cloreto de potássio (KCl), principal fonte do nutriente K nos sistemas convencionais, é proibida em sistemas orgânicos e a de sulfato de potássio ( $K_2SO_4$ ) é aceita com restrições. Isso faz com que o suprimento de K represente um ponto crítico para a sustentabilidade da produção orgânica em solos tropicais.

Normalmente as rochas possuem quantidades variáveis de nutrientes das plantas, que podem apresentar-se na forma de compostos com maior ou menor

facilidade de solubilização. Os micronutrientes podem contribuir significativamente para o atendimento da demanda das culturas, mesmo que presentes em baixas concentrações, uma vez que são exigidos em quantidades muito pequenas pelas plantas. Incrementos na fertilidade do solo e na nutrição das plantas, em relação a esses elementos, podem ampliar o potencial de uso das rochas silicáticas como alternativa fertilizante para diversas situações de solos, culturas e manejo, agregando valor as fontes de potássio pelo seu efeito multinutriente.

Não resta dúvida, no que toca ao agronegócio e ao setor mineral do País, sobre a necessidade de se pesquisar formas de aumentar a eficiência de produção e utilização de fertilizantes potássicos. Segundo Lopes (2005), a elevada dependência externa por fertilizantes solúveis, justifica uma ação de política governamental objetivando o melhor aproveitamento das reservas já conhecidas, bem como, de apoio às pesquisas sobre o possível aproveitamento de silicatos potássicos abundantes no Brasil para a produção de fertilizantes potássicos.

O potássio, ao contrário do nitrogênio (N), do fósforo (P) e do enxofre (S), não faz parte de nenhum constituinte orgânico das plantas e sua importância para a fisiologia vegetal está relacionada à sua atividade na forma iônica, que possui alta mobilidade, sendo um dos nutrientes mais utilizados pela planta, participando da fotossíntese e transporte de carboidratos, da ativação de várias enzimas, da abertura e fechamento de estômatos e conseqüentemente do regime hídrico das plantas. Quando a planta absorve  $K^+$  em níveis suficientes, a intensa mobilidade que esse íon tem no xilema e no floema das plantas, possibilita a planta regular seu balanço interno desse nutriente.

Na nutrição mineral da soja o K assume posição de importância, destacando-se como um dos macronutrientes mais absorvidos e exportados pela cultura (BATAGLIA; MASCARENHAS, 1977; ROSOLEM, 1980). A importância do K para a soja se deve a sua função na formação dos nódulos e no aumento do teor de óleo nas sementes, beneficiando ainda a sua germinação, vigor e qualidade (MASCARENHAS et al., 1988).

A resposta da soja à adubação potássica está em função da capacidade de exploração do K do solo e das quantidades exportadas pelos grãos, sendo que em geral as curvas de resposta ao K atingem rendimento máximo na faixa de 100 a 120 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O aplicados em solos de textura média e em solos arenosos com teores

médios a baixos de K-trocável (BORKERT et al., 2005). Os fatores que determinam a ausência de resposta da soja à adubação potássica estão relacionados ao tipo de solo, ao nível do nutriente no solo, a exigência nutricional do cultivar e ao tempo de duração reduzido dos experimentos, além da aplicação inadequada do fertilizante (YAMADA; BORKERT, 1992). Segundo Fernandes et al. (1993) a soja apresenta grande capacidade de utilização de reservas de K não trocáveis, porém a capacidade de usar esta fração é variável entre as cultivares e diminui com a adubação potássica.

A baixa disponibilidade de K no solo pode causar a gradativa diminuição na produção, safra após safra, sem os sintomas típicos da deficiência, no entanto, quando a deficiência é mais severa, os sintomas começam com mosqueado amarelado nas bordas dos folíolos, por ser um nutriente móvel. Estima-se, em função da alta demanda de K pela soja, que a cada tonelada de grãos produzida, há necessidade de 38 kg de  $K_2O$  na parte aérea da planta, sendo aproximadamente 20 Kg de  $K_2O$  exportada pelos grãos (TECNOLOGIAS... 2004).

O objetivo deste trabalho foi avaliar, em casa-de-vegetação, o efeito da aplicação de rochas silicáticas portadoras de K (ultramáfica alcalina, brecha piroclástica e flogopitito) nos atributos químicos do solo, na nutrição mineral e na produção de matéria seca da soja.

### Referências Bibliográficas

- BATAGLIA, O.; MASCARENHAS, H. A. A. **Absorção de nutrientes pela soja.** Campinas, Instituto Agronômico, 1977. 36p. (Boletim técnico, 41)
- BORKERT, C. M.; CASTRO, C.; OLIVEIRA, F. A.; KLEPKER, D.; OLIVEIRA JÚNIOR, A. O potássio na cultura da soja. In: YAMADA, T.; ROBERTS, T. L. (ed.). **Potássio na agricultura brasileira.** Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 2005. p. 671-722.
- CURI, N.; KÄMPF, N.; MARQUES, J. J. Mineralogia e formas de potássio em solos do Brasil. In: YAMADA, T.; ROBERTS, T. L. (ed.). **Potássio na agricultura**

**brasileira**. Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 2005. p. 71-92.

COELHO, A.M. O potássio na cultura do milho. In: YAMADA, T.; ROBERTS, T. L. (ed.). **Potássio na agricultura brasileira**. Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 2005. p. 613-658.

DNPM, Departamento Nacional de Produção Mineral. **Anuário mineral Brasileiro**. Brasília – DF. 2001. 404p. Disponível em: < <http://www.dnpm.gov.br/portal/assets/galeriaDocumento/AMB2001/amb2001.htm> > , acessado em: 02 jan 07

FERNANDES, D.M.; ROSSETO, C.A.; ISHIMURA, I.; ROSOLEM, C.A. Nutrição da soja e formas de potássio no solo em função de cutiares e adubação potássica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 17, p. 405-410, 1993

LEONARDOS, O. H.; FYFE, W. S.; KRONBERG, B. I. The use of ground rocks in laterite systems: na improemen to the use of conventional soluble fertilizers? **Chemical Geology**, Amsterdam, v. 60, p. 2361-2386, 1987.

LOPES, A. S. Reservas de minerais potássicos e produção de fertilizantes potássicos no Brasil. In: YAMADA, T.; ROBERTS, T. L. (ed.). **Potássio na agricultura brasileira**. Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 2005. p. 21-32.

MASCARENHAS, H.A.A.; BULISANI, E.A.; MIRANDA, M.A.C. de; BRAGA, N. R.; PEREIRA, J. C. V. N. A. Deficiência de potássio em soja no Estado de São Paulo: melhor entendimento do problema e possíveis soluções. **O Agrônomo**, Campinas, v.40, p.34-43, 1988

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Editora Ceres, Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1991. 343 p.

ROSOLEM, C. A. **Nutrição mineral e adubação da soja**. Piracicaba, POTAFOS, 1980. 80p. (Boletim técnico, 6)

TECNOLOGIAS de produção de soja – região central do Brasil 2005. Londrina: Embrapa Soja, Embrapa Cerrados, Embrapa Agropecuária Oeste, Fundação Meridional, 2004. 239p. (Embrapa Soja. Sistemas de produção, 6)

YAMADA, T; BORKERT, C.M. Nutrição e produtividade da soja. In: SIMPÓSIO SOBRE CULTURA E PRODUTIVIDADE DA SOJA, 1., Piracicaba, 1992. **Anais...** Piracicaba: USP/ ESALQ, 1992. p.180-212.

## **CAPÍTULO 1**

### **ROCHAS SILICÁTICAS PORTADORAS DE POTÁSSIO COMO FONTES DO NUTRIENTE PARA O SOLO<sup>1</sup>**

---

<sup>1</sup> Artigo ajustado e submetido ao Comitê Editorial do periódico científico: Revista Brasileira de Ciência do Solo

## ROCHAS SILICÁTICAS PORTADORAS DE POTÁSSIO COMO FONTES DO NUTRIENTE PARA O SOLO

Autor: Luciano da Silva Ribeiro

Orientador: DSc. Anacleto Ranulfo dos Santos

Co-Orientador: MSc. Luiz Francisco da Silva Souza

**RESUMO:** O objetivo deste trabalho foi avaliar, em casa-de-vegetação, o efeito da aplicação de rochas silicáticas portadoras de K (ultramáfica alcalina, brecha piroclástica e flogopitito) na liberação de K e outros atributos químicos do solo. Foi utilizado um Latossolo Amarelo com teor de K igual a  $0,03 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ . As rochas foram testadas sem correção e com correção de acidez do solo, neste caso elevando o valor da saturação por bases a 70%. Inicialmente, as rochas e o corretivo de acidez foram aplicados e incorporados aos solos de cada vaso contendo 3 kg de solo, deixando-os em incubação por um período de 45 dias, com a umidade em torno de 80% da capacidade de campo. Foram testadas as doses equivalentes a 75, 150, 225 e 300 kg  $\text{K}_2\text{O ha}^{-1}$  de todas as rochas e do KCl, usado como fonte de referência. Findo o período de incubação, foi realizado um plantio de soja com a finalidade de observar a dissolução das rochas em um ambiente com plantas. As plantas foram colhidas 50 dias após o plantio. Foram feitas análises do solo após o período de incubação e após o plantio da soja. A ultramáfica alcalina e a brecha piroclástica foram as rochas que mais liberaram K para o solo, sendo que a correção da acidez não influenciou no processo de dissolução das rochas.

**Palavras-chave:** pó de rocha; fertilizantes naturais; rochagem; fertilizantes potássicos.



## SILICATES ROCKS CARRIERS OF POTASSIUM LIKE REINFORCEMENT NUTRIENT FOR THE SOIL

Author: Luciano da Silva Ribeiro

Adviser: DSc. Anacleto Ranulfo dos Santos

Co-Adviser: MSc. Luiz Francisco da Silva Souza

**ABSTRACT:** The greenhouse study evaluated the effect of the application of potassium enriched silicate rocks (alkaline ultramafic, brecciated pyroclastic and flogopitite) on the soil chemical properties, on the mineral nutrition and on soybean dry matter production. A Yellow Latosol with  $0.03 \text{ cmolc dm}^{-3} \text{ K}$  soil used in the study. The rocks were tested without lime and with lime, in this case lime was added to raise the percentage of base saturation (V-value) to 70%. The rock materials and the lime were incorporated to each experimental unit, pots containing 3 kg of soil. The materials were incubated at soil humidity around 80% of the soil capacity for 45 days. The silicate rocks were added at doses equivalent to 75, 150, 225 and 300 kg  $\text{K}_2\text{O ha}^{-1}$ . An additional pot containing soil and KCl, the reference K source, was also incubated. After the incubation soybean was sowing to evaluate the plant effect on the rock dissolution. Plants, on the R2 stage, were harvested 50 days after sowing. Soil samples were analyzed after the incubation and after the soybean sowing. Potassium was released in greater amount to the soil for ultramafic alkaline rock and the pyroclastic breccia. The lime addition did not influence the process of rock dissolution.

**Key words:** rock powder; natural fertilizers; Glycine max; potassic fertilizers

## INTRODUÇÃO

As rochas silicáticas normalmente contêm nutrientes de plantas em quantidades e disponibilidades que variam em função dos minerais presentes nas rochas. Por esta razão, rochas com essas características tem sido objeto de estudos que visam avaliar seus potenciais como fontes alternativas para o suprimento nutricional às plantas.

Os teores insuficientes de potássio (K) disponível na maioria dos solos brasileiros contrastam com as elevadas exigências desse nutriente pelas culturas, o que tem proporcionado grandes aumentos de consumo de adubos potássicos para atender o vertiginoso crescimento da agricultura brasileira nestes últimos anos (Nachtigall & Raij, 2005). Os teores de K total nos solos do Brasil variam de 0,05 a 2,5% (Lopes, 1982), ocorrendo maiores teores desse nutriente em solos menos intemperizados. Melo et al. (2004) estudando o potencial da liberação de K de alguns solos verificou que o Latossolo e o Nitossolo contêm pequenas quantidades de minerais primários, fontes de K não trocável, na forma de mica e feldspatos, além de esmectita hidróxi entrecamadas, que são minerais secundários, como fonte potencial para liberação de K.

No Brasil, estudos com o K têm despertado interesses, visto que 85% desse elemento consumido no país é importado. Dentre as fontes destaca-se o cloreto de potássio (KCl) como principal produto de importação. Segundo Lopes (2005) a única fonte produtora de fertilizantes potássicos no Brasil é o complexo de Mina/Usina de Taquari-Vassouras, em Sergipe, que está sendo explorado pela Companhia Vale do Rio Doce desde o final do ano de 1991.

O conhecimento da mineralogia e das formas de K presentes nos solos, em conjunto com outros atributos, pode contribuir para melhor previsão do suprimento, fixação e disponibilidade desse nutriente para as plantas. O pH é um dos fatores que controlam a dissolução de uma espécie mineral (Drever, 1994; Stillings & Brantley, 1995). Segundo Blum & Lasaga (1988) o papel do pH na dissolução dos minerais está relacionada com a adsorção dos íons  $H^+$  e  $OH^-$  nas superfícies minerais, nas quais a hidrólise é controlada pelas reações ácido-base e pelas ligações oxigênio-metal.

Os principais minerais ligados à disponibilidade de K nos solos brasileiros são os feldspatos potássicos, micas, vermiculitas e esmectitas (Curi et al., 2005).

Na nutrição mineral da soja o K assume posição de importância, destacando-se como um dos macronutrientes mais absorvidos e exportados pela cultura (Bataglia & Mascarenhas, 1977; Rosolem, 1980). A importância do K para a soja se deve a sua função na formação dos nódulos e aumento no teor de óleo nas sementes, beneficiando ainda a sua germinação, vigor e qualidade (Mascarenhas et al., 1988).

O objetivo deste trabalho foi avaliar, em casa-de-vegetação, o efeito da aplicação de rochas silicáticas portadoras de K no fornecimento do nutriente do nutriente e em outros atributos químicos do solo.

## MATERIAL E MÉTODOS

Foi utilizada uma amostra de Latossolo Amarelo representativo dos Tabuleiros Costeiros, coletado na profundidade de 0 a 20 cm, que apresentou, de acordo com análises químicas 0,4 mg dm<sup>-3</sup> de P, 0,03; 0,4; 0,4; 0,5 e 2,53, cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de K, Ca, Mg, Al e H+Al respectivamente e, 5,97 g kg<sup>-1</sup> de matéria orgânica.

O trabalho foi conduzido em casa-de-vegetação, envolvendo o cloreto de potássio como fonte de referência e estudando as rochas: flogopitito (coletado na Bahia e contendo 5,73% de K<sub>2</sub>O), ultramáfica alcalina (coletada em Santa Catarina e contendo 2,79% de K<sub>2</sub>O) e brecha piroclástica (coletada em Goiás e contendo 1,69 % de K<sub>2</sub>O).

As rochas foram testadas sem correção e com correção de acidez do solo, neste caso elevando o valor a saturação por bases (V) a 70%. Como corretivo foi utilizado um calcário dolomítico de alta velocidade de reação (100% passando na peneira 50 mesh). Inicialmente, as rochas e o corretivo de acidez foram aplicados e incorporados aos solos de cada vaso, deixando-os em incubação por um período de 45 dias, com a umidade em torno de 80% da capacidade de campo.

Foram avaliadas as doses de 37,5; 75; 112,5 e 150 mg K<sub>2</sub>O kg<sup>-1</sup> solo (equivalentes a 75; 150; 225 e 300 kg K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>), para o cloreto de potássio e para as três rochas consideradas, com e sem correção de acidez, perfazendo um total de 32

tratamentos, distribuídos num esquema fatorial 4x4x2. Utilizou-se um delineamento experimental inteiramente casualizado com quatro repetições.

Findo o período de incubação, a massa de solo de cada vaso (três quilogramas/vaso), foi espalhada sobre uma lona plástica e completamente homogeneizada, para coleta de amostras para análises químicas.

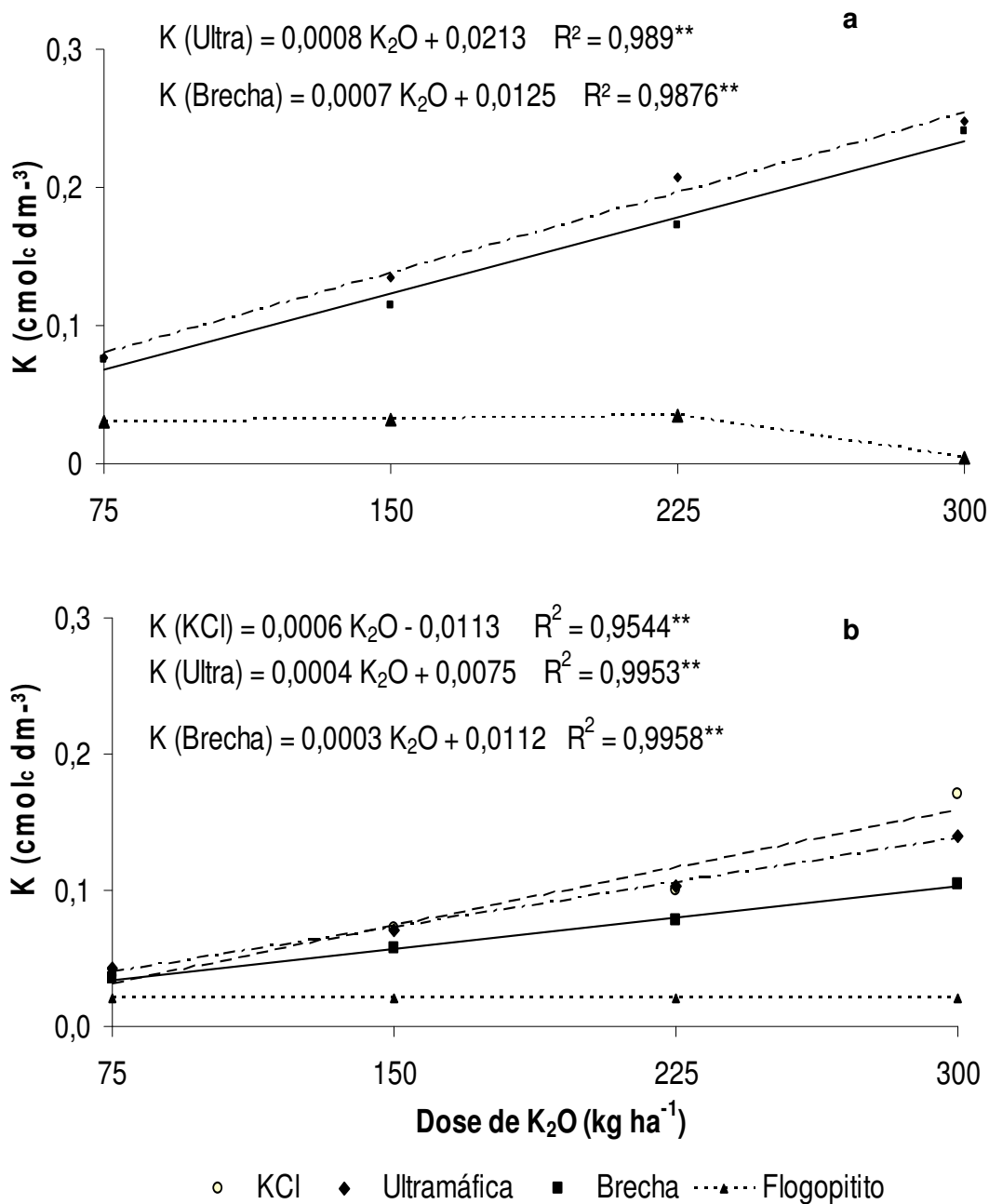
Iniciou-se em seguida a etapa com plantas, mantendo cinco plantas por vaso após o desbaste com a finalidade de observar o comportamento destas rochas na presença de plantas. Por ocasião do plantio da soja, todos os vasos receberam uma adubação básica e uniforme com fósforo ( $65 \text{ mg P}_2\text{O}_5 \text{ kg}^{-1}$  solo), enxofre ( $40 \text{ mg S kg}^{-1}$  solo) e micronutrientes (zinco, cobre, ferro e boro, respectivamente nas doses de 2,0; 1,5; 2,0 e  $0,7 \text{ mg kg}^{-1}$  de solo). O potássio solúvel (KCl) e os demais nutrientes foram aplicados sob a forma líquida (em soluções), a partir das seguintes fontes: fosfato de cálcio, sulfato de magnésio, cloreto de zinco, sulfato de cobre, sulfato ferroso e ácido bórico. A dose de fósforo aplicada nos tratamentos teve o objetivo de suprir suficientemente a planta e evitar possíveis efeitos que poderiam resultar de uma liberação do nutriente pelas rochas.

A colheita da parte aérea da soja foi feita 50 dias após o plantio, no estágio R2, o qual corresponde ao período de floração plena e ao período de maior acúmulo de K na parte aérea da soja (Borkert et al., 2005). Nesta etapa foram coletadas novas amostras de solo para análises químicas após o cultivo da soja. Todas as análises de solo foram feitas de acordo conforme Embrapa, 1997. Os dados obtidos foram submetidos a teste de média e análise de regressão através do software estatístico SISVAR (Ferreira, 1999).

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Foi verificado efeito linear positivo sobre o K trocável do solo, após incubação com as rochas ultramáfica alcalina e brecha piroclástica, ou seja, quanto maiores foram as doses de  $\text{K}_2\text{O}$  aplicadas, maiores foram as concentrações do K trocável, o que não ocorreu com o flogopitito (Figura 1a). Estes resultados evidenciam uma maior facilidade de liberação do K presente nas duas primeiras rochas, em comparação ao flogopitito, o que deve ser conseqüência das suas características

mineralógicas. A flogopita é um filossilicato de estrutura 2:1 (tetraedro – octaedro – tetraedro) com alta suscetibilidade a alteração por troca iônica (Fanning et al., 1989).



**Figura 1. Potássio trocável no solo após incubação de 45 dias (a) e após cultivo de soja (b).**

De acordo com Basset (1960) a alteração por troca iônica que ocorre nas micas é consequência da fixação do potássio na estrutura do mineral. Segundo o

autor, um dos fatores aceitos que tem importante influência na estrutura das micas é o desequilíbrio de carga negativa nas camadas devido às substituições nas posições tetraédricas e octaédricas.

Como era de se esperar, observou-se uma redução na concentração de K trocável no solo após o plantio da soja (Figura 1b), o que demonstra que esse K encontrado no solo, após o período de incubação foi disponibilizado para as plantas. Esta redução pode ser comprovada pela análise da regressão polinomial, uma vez que, mesmo mantendo o mesmo efeito linear positivo, tanto o coeficiente linear quanto o coeficiente angular das regressões para estimativa do K trocável são menores após o plantio da soja, para as duas rochas.

Em função da elevada mobilidade do K no solo, o teor de K trocável utilizado isoladamente não representa, de maneira eficiente, a disponibilidade do K em solos com características mineralógicas, físicas e químicas distintas (Meurer & Anghinoni, 1993).

Embora as rochas tenham sido testadas com e sem correção da acidez, a prática da calagem não apresentou efeito significativo na liberação de K pelas rochas. É provável que este comportamento se deva à alta liberação de cálcio pela ultramáfica, 300% superior a testemunha quando as rochas foram testadas sem correção da acidez, e 17,5% quando a acidez foi corrigida (Tabela 1). A calagem promove o aumento das concentrações de Ca e Mg do solo, relativamente à do K, podendo reduzir a absorção de K pelas raízes e provocar sua deficiência (Goedert et al., 1975), ou seja, um aumento da relação (Ca+Mg)/K.

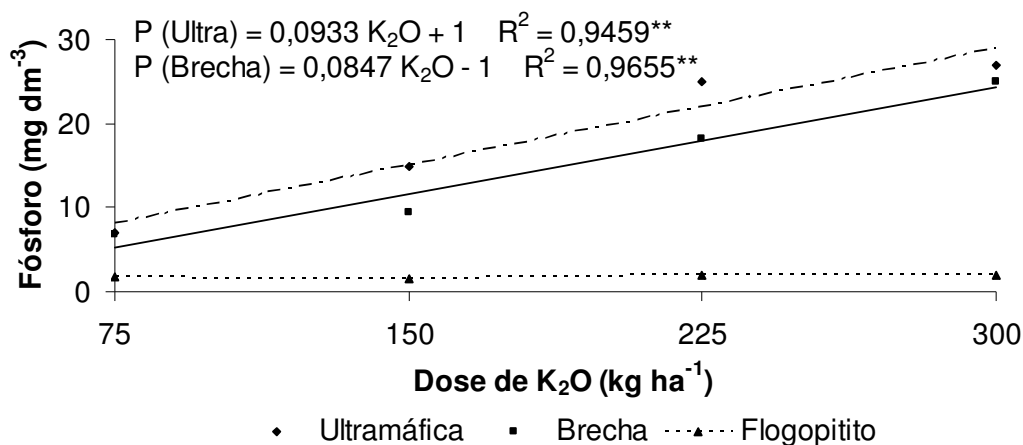
**Tabela 1. Valores de cálcio e magnésio trocáveis no solo ( $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ ) após 45 dias de incubação com rochas silicáticas portadoras de potássio.**

Tratamentos	Sem calagem	Com calagem	Sem calagem	Com calagem
	$\text{Ca}^{2+}$ ( $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ )		$\text{Mg}^{2+}$ ( $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ )	
Testemunha	0,375 bB	1,500 bA	0,638 aB	1,400 aA
Ultramáfica	1,488 aB	1,763 aA	0,763 aB	1,075 bA
Brecha	0,550 bB	1,200 cA	0,813 aB	1,413 aA
Flogopitito	0,475 bB	1,100 cA	0,738 aB	1,025 bA

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Segundo Oliveira et al. (2001) a relação (Ca+Mg)/K trocável no solo constitui um índice importante de avaliação da disponibilidade do K no solo para a cultura da soja. No entanto, Lima et al. (2001) verificaram que as doses de K utilizadas na adubação feijoeiro não diminuíram o teor de Ca e Mg na parte aérea da planta.

As rochas ultramáfica e brecha apresentaram liberação de fósforo (P) para o solo, após o período de incubação (Figura 2), sendo que a ultramáfica apresentou valores superiores para todas as doses avaliadas. Não se detectou influência do flogopitito nos teores de P no solo. A elevada liberação de P pelas duas rochas justificou a alta dose do nutriente aplicada para o plantio da soja. O procedimento teve efeito satisfatório, pois não houve diferença significativa para fósforo disponível no solo entre os tratamentos avaliados após o plantio da cultura.



**Figura 2. Fósforo disponível no solo após 45 dias de incubação com rochas silicáticas portadoras de potássio.**

Embora o teor total de P no solo possa variar de 100 a 1.000 mg Kg<sup>-1</sup> (Brady & Weil, 1996), ou entre 200 e 3.000 mg kg<sup>-1</sup> (Novais & Smyth, 1999), menos de 0,1 % desse total está presente na solução do solo, cujos valores variam entre 0,002 e 2,0 mg L<sup>-1</sup> (Fardeau, 1996), o que é relativamente insuficiente para o desenvolvimento da maioria das culturas.

Todos os tratamentos tiveram aumentos significativos nos valores de pH em função da calagem (Tabela 3), no entanto, devido às características de correção de acidez da rocha ultramáfica, esta foi a que apresentou a menor diferença (14%), seguida pela brecha (23%), flogopitito (24%) e KCl (35%), em relação ao pH dos

tratamentos sem correção. A resposta da soja à fertilização potássica tem se mostrado dependente da relação (Ca+Mg)/K trocável nos solos (Mascarenhas et al., 1987; Mascarenhas et al., 1988; Mascarenhas et al., 2000).

**Tabela 3. Valores do pH do solo após 45 dias de incubação com rochas silicáticas portadoras de potássio.**

<b>Tratamento</b>	<b>Sem calagem</b>	<b>Com calagem</b>
Testemunha	4,89 bB	6,63 aA
Ultramáfica	5,85 aB	6,66 aA
Brecha	4,98 bB	6,15 bA
Flogopitito	4,93 bB	6,11 bA

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

De forma coerente com a sua ação corretiva de acidez, a ultramáfica alcalina promoveu um aumento significativo na saturação por bases, sobressaindo-se às demais fontes, principalmente quando não houve a aplicação de calcário (Tabela 4). Com a aplicação de calcário o valor da saturação por bases do tratamento com a ultramáfica alcalina não mostrou diferença significativa em relação ao KCl e a brecha alcalina, porém os resultados são superiores 7 e 8% respectivamente. Observa-se, na comparação entre as quatro fontes, que as menores saturações por bases foram observadas nos tratamentos com o flogopitito.

**Tabela 4. Saturação por bases do solo após o cultivo da soja com diferentes fontes de potássio.**

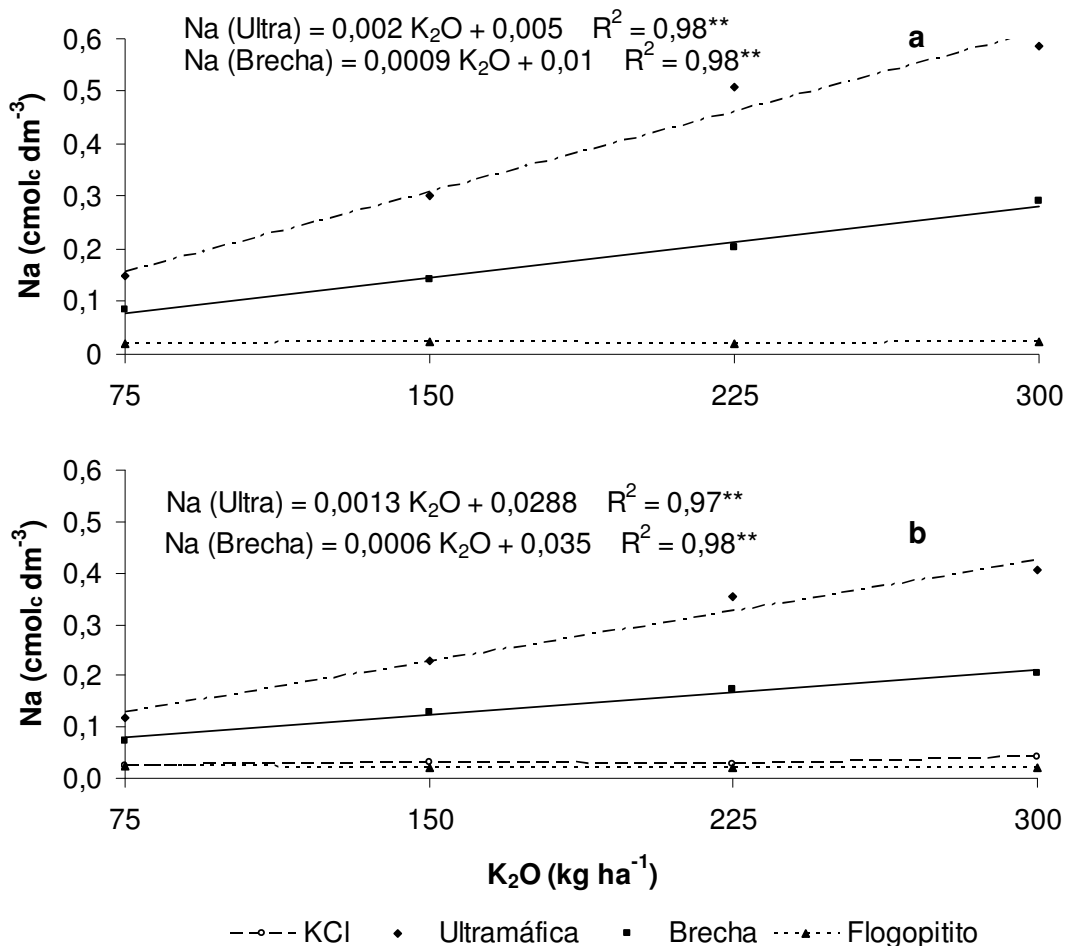
<b>Tratamento</b>	<b>Sem calagem</b>	<b>Com calagem</b>
	----- Saturação por bases (V%) -----	
KCl	43,875 bB	73,375 aA
Ultramáfica	69,250 aB	79,125 aA
Brecha	44,375 bB	72,000 aA
Flogopitito	38,125 bB	63,000 bA

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

A rocha ultramáfica alcalina foi a que mais liberou sódio para o solo, tanto na incubação (Figura 3a) quanto após o plantio da soja (Figura 3b), seguida pela brecha piroclástica, que apresentou valores, em média, 50% inferiores. O excesso



de sódio no solo aumenta a salinidade do solo e pode levar a planta à morte por seca fisiológica, além de prejudicar a germinação de sementes.



**Figura 3. Sódio trocável no solo após incubação de 45 dias (a) e após cultivo de soja (b).**

Sem a correção da acidez o teor de sódio liberados pelos tratamentos ultramáfica alcalina e brecha piroclástica representou entre 5 a 16% da soma de bases do solo, sempre aumentando com o aumento das doses, o que indica uma elevada contribuição do elemento nos valores da saturação por bases observada nestes tratamentos. Com a correção da acidez, o tratamento ultramáfica alcalina se manteve com o mesmo nível do elemento no complexo de troca, enquanto que no tratamento brecha piroclástica o percentual foi reduzido para valores inferiores a 10%.

## CONCLUSÕES

- A rocha ultramáfica alcalina e brecha piroclástica promoveram as maiores liberações de K para o Latossolo Amarelo.
- A correção da acidez não influenciou na liberação de K e P pelas rochas estudadas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BASSET, W. A. Role of hydroxyl orientation in mica alteration. **Geological Society of America Bulletin**, New York, v.71, p.449-456, 1960.

BATAGLIA, O. & MASCARENHAS, H. A. A. **Absorção de nutrientes pela soja**. Campinas, Instituto Agrônomo, 1977. 36p. (Boletim técnico, 41)

BLUM, A.; LASAGA, A. Role of surface speciation in low temperature dissolution of minerals. **Nature**. London. V. 331, p. 432-433. 1988.

BORKERT, C. M.; CASTRO, C.; OLIVEIRA, F. A.; KLEPKER, D.; OLIVEIRA JÚNIOR, A. O potássio na cultura da soja. In: YAMADA, T.; ROBERTS, T. L. (ed.). **Potássio na agricultura brasileira**. Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 2005. p. 671-722.

BRADY, N.C.; WEIL, R.R. **The nature and properties of soils**. 11.ed. New Jersey, Prentice Hall, 1996. 727p.

CURI, N.; KÄMPF, N.; MARQUES, J. J. Mineralogia e formas de potássio em solos do Brasil. In: YAMADA, T.; ROBERTS, T. L. (ed.). **Potássio na agricultura brasileira**. Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 2005. p. 71-92.

DREVER, J. I. The effect of land plants on weathering rates of silicate minerals. **Geochimica et Cosmochimica Acta**. Oxford, v. 58, p. 2325-2332, 1994.

FANNING, D. S.; KERAMIDAS, V. Z.; EL-DOSOKY, M. A. Micas. In: DIXON, J.; WEED, S. (Ed.). **Mineral in soil environments**. Wisconsin: Soil Science Society of America, 1989. p.551-634.

FARDEAU, J.C. Dynamics of phosphate in soils. An isotopic outlook. **Fert. Res.**, 45:91-100, 1996.

FERREIRA D. F. **Sistema para análise de variância para dados balanceados (SISVAR)**. Lavras: UFLA; 1999. 92p.

GOEDERT, W. J.; COREY, R.B.; SYERS, J.K. The effects on potassium equilibria in soils of Rio Grande do Sul, Brazil. **Soil Science**, v.120, p.107-111, 1975.

LIMA, E. V.; ARAGÃO, C. A.; MORAIS, O. M.; TANAKA, R.; GRASSI FILHO, H. Adubação NK no desenvolvimento e na concentração de macronutrientes no florescimento do feijoeiro. **Scientia Agrícola**. Piracicaba, v.58, n.1, p.125-129. 2001.

LOPES, A. S. Mineralogia do potássio em solos do Brasil. In: SIMPÓSIO SOBRE POTÁSSIO NA AGRICULTUA BRASILEIRA, 1982, Londrina. **Anais...** Piracicaba: Instituto da Potassa & Fosfato, Instituto Internacional da Potassa, 1982. p. 51-65.

LOPES, A. S. Reservas de minerais potássicos e produção de fertilizantes potássicos no Brasil. In: YAMADA, T.; ROBERTS, T. L. (ed.). **Potássio na agricultura brasileira**. Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 2005. p. 21-32.

MELO, G. W.; MEURER, E. J.; PINTO, L. F. S. Fontes de potássio em solos distroféricos caulíníticos originados de basalto no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, p.377-382, 2004.

MEURER, E.J.; ANGHINONI, I. Disponibilidade de potássio e sua relação com parâmetros de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.17, p.377-382, 1993.

NACHTIGALL, G. R.; RAIJ, B. Análise e interpretação de potássio no solo. In: YAMADA, T.; ROBERTS, T. L. (ed.). **Potássio na agricultura brasileira**. Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 2005. p. 93-118.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1999. 399p.

OLIVEIRA, F. A.; CARMELLO, Q. A. C.; MASCARENHAS, H. A. A. disponibilidade de potássio e suas relações com cálcio e magnésio em soja cultivada em casa-de-vegetação. **Sci. agric.** v.58, p.\_\_\_\_ 2001

ROSOLEM, C. A. **Nutrição mineral e adubação da soja**. Piracicaba, POTAFOS, 1980. 80p. (Boletim técnico, 6)

SILVA, F.C.; EIRA, P.A.; BARRETO, W.O.; PÉREZ, D.V.; SILVA, C.A. **Manual de métodos de análises químicas para avaliação da fertilidade do solo**. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos - CNPS, 1998. 56p. (Embrapa-CNPS. Documentos, 3).

STILLINGS, L. L.; BRANTLEY, S. L. Feldspar dissolution at 25 °C and pH 3.: Reaction stichiometry and the effect at cátions. **Geochimica et Cosmochimica Acta**. Oxford, .59, p.1483-1496, 1995.

## **CAPÍTULO 2**

### **ROCHAS SILICÁTICAS PORTADORAS DE POTÁSSIO NA NUTRIÇÃO MINERAL DA SOJA<sup>1</sup>**

---

<sup>1</sup>Artigo a ser ajustado para submissão ao Comitê Editorial do periódico científico: Revista Brasileira de Ciência do Solo

## **ROCHAS SILICÁTICAS PORTADORAS DE POTÁSSIO NA NUTRIÇÃO MINERAL DA SOJA**

Autor: Luciano da Silva Ribeiro

Orientador: DSc. Anacleto Ranulfo dos Santos

Co-Orientador: Luiz Francisco da Silva Souza

**RESUMO:** O objetivo deste trabalho foi avaliar, em casa-de-vegetação, o efeito da aplicação de rochas silicáticas portadoras de K (ultramáfica alcalina, brecha piroclástica e flogopitito) na nutrição mineral da soja. A soja foi cultivada em vasos com 3 kg de solo, previamente incubado por um período de 45 dias com as rochas e o corretivo de acidez. Foram testadas as doses equivalentes a 75, 150, 225 e 300 kg  $K_2O\ ha^{-1}$  de todas as rochas e do KCl, usado como fonte de referência. A soja foi colhida 50 dias após o plantio, no estádio R2. Foram feitas análises do solo após o período de incubação e após o plantio da soja. O material vegetal colhido foi seco em estufa para obtenção da massa seca da parte aérea. A rocha ultramáfica alcalina foi o tratamento que promoveu os maiores rendimentos de massa seca da parte aérea da soja sem a aplicação de calcário e semelhante ao KCl quando foi realizada a calagem, além de liberar Ca e Mg em quantidades adequadas para o solo. A rocha ultramáfica alcalina foi o tratamento com maior produção de massa seca, promovendo maior absorção de K, Ca e Mg. A brecha piroclástica e o flogopitito não promoveram aumento significativo na produção de matéria seca da parte aérea da soja.

**Palavras-chave:** pó de rocha; fertilizantes naturais; rochagem; fertilizantes potássicos.

## SILICATES ROCKS CARRIERS OF POTASSIUM IN MINERAL NUTRITION OF THE SOY

Author: Luciano da Silva Ribeiro

Adviser: DSc. Anacleto Ranulfo dos Santos

Co-Adviser: MSc. Luiz Francisco da Silva Souza

**ABSTRACT:** The greenhouse study evaluated the effect of the application potassium enriched silicate rocks (alkaline ultramarfic, breach pyroclastic and flogopitito) on the soil chemical properties, on the mineral nutrition and on soybean dry matter production. A Yellow Latossol with  $0.03 \text{ cmolc dm}^{-3} \text{ K}$  soil used in the study. The rocks were tested without lime and with lime, in the case lime was added to raise the percentage of base saturation (V-value) to 70%. The rock materials and the lime were incorporated to each experimental unit, pots containing 3 kg of soil. The materials was incubated at soil humidity around 80% of the soil capacity for 45 days. The silicate rocks were added at doses equivalent to 75, 150, 225 and 300 kg  $\text{K}_2\text{O ha}^{-1}$ . An additional pot containing soil and KCl, the reference K source, was also incubated. Soil samples were analyzed after the incubation and after the soybean sowing. Soybean was harvested 50 days after sowing, in the stage R2. Soil samples were analyzed after the incubation and after the soybean sowing. The harvested material was dry in stove to determination of soybean shoot biomass production. The highest shoot biomass production was obtained from soybean growing on ultramarfic alkaline without lime. The use of KCl with lime resulted in similar plant biomass production. Plants of the two treatments took up more K, Ca and Mg. Pyroclastic breach and flogopitito did not increase shoot soybean biomass production.

**Key words:** rock powder; natural fertilizers; rock; potash fertilizers

## INTRODUÇÃO

A dependência externa do País por fertilizantes e minerais de potássio é um fator que contribui para o aumento do preço desse tipo de fertilizante, reduzindo a competitividade da agricultura brasileira. Segundo Oliveira & Souza (2001), embora o Brasil já disponha de uma fonte doméstica produtora de potássio, o país continua dependendo da importação para suprir a demanda interna, sendo o cloreto de potássio responsável por considerável valor das importações brasileiras.

Dados do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM, 2001) mostram que em 2000 o Brasil importou 26 milhões de toneladas de  $K_2O$ , a um preço médio de US\$ 223,52/FOB/t. Em 2001 foram produzidos 595 mil toneladas, o que corresponde a 12% da demanda nacional e entre 2001 – 2010 o balanço projetado entre a oferta e a demanda de potássio (KCl) aponta um déficit a ser suprido via importação da ordem de 39,231 milhões de toneladas, o que acarretará, de acordo com o preço médio de 2000, um custo da ordem de 8.766 milhões de dólares nos próximos 10 anos.

Em 2002 foram produzidos no complexo de Mina/Usina de Taquari-Vassouras, em Sergipe, única fonte produtora de fertilizantes potássicos no Brasil (Lopes, 2005), 627,31 mil toneladas de KCl, o que equivale a 337,27 mil toneladas de  $K_2O$ . Por esta razão, rochas silicáticas com teores expressivos de K têm sido objeto de estudos que visam avaliar seus potenciais como fontes alternativas para o suprimento de nutrientes às plantas.

O processo de utilização de insumos a base de rochas é chamado de “rochagem”, termo inspirado na calagem que é o uso do pó de rocha calcária na correção da acidez do solo. No entanto, a utilização de rochas silicatadas diretamente no solo tem como principal problema o longo tempo normalmente necessário para que os nutrientes sejam disponibilizados, o que não ocorre com as rochas calcárias e fosfáticas de origem sedimentar, que são mais facilmente intemperizáveis.

Na nutrição mineral da soja o K assume posição de importância, se destacando como um dos macronutrientes mais absorvidos e exportados pela cultura (Bataglia & Mascarenhas, 1977; Rosolem, 1980). A importância do K para a soja se deve a sua função na formação dos nódulos e no, aumento do teor de óleo



nas sementes, beneficiando ainda a sua germinação, vigor e qualidade (Mascarenhas et al., 1988).

A resposta da soja à adubação potássica está em função da capacidade de exploração de K do solo e das quantidades exportadas pelos grãos, sendo que em geral as curvas de resposta ao K atingem rendimento máximo na faixa de 100 a 120 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O aplicados em solos de textura média e em solos arenosos com teores médios a baixos de K-trocável (Borkert, 2005). Os fatores que determinam a ausência de resposta da soja à adubação potássica estão relacionados ao tipo de solo, ao nível do nutriente no solo, a exigência nutricional do cultivar e ao tempo de duração reduzido dos experimentos, além da aplicação inadequada do fertilizante (Yamada & Borkert, 1992).

A baixa disponibilidade de K no solo pode causar a gradativa diminuição na produção, safra após safra, sem os sintomas típicos da deficiência, no entanto, quando a deficiência é mais severa, os sintomas começam com mosqueado amarelado nas bordas dos folíolos, por ser um nutriente móvel. Estima-se, em função da alta demanda de K pela soja, que a cada tonelada de grãos produzida, há necessidade de 38 kg de K<sub>2</sub>O na parte aérea desta planta, sendo aproximadamente 20 Kg de K<sub>2</sub>O exportada pelos grãos (Tecnologias... 2004).

O objetivo deste trabalho foi avaliar, em casa-de-vegetação, o efeito da aplicação de rochas silicáticas portadoras de potássio sobre a nutrição mineral da soja.

## **MATERIAL E MÉTODO**

O trabalho foi conduzido em casa-de-vegetação, envolvendo o cloreto de potássio como fonte de referência e estudando as rochas: flogopitito (coletado na Bahia e contendo 5,73 % de K<sub>2</sub>O), ultramáfica alcalina (coletada em Santa Catarina e contendo 2,79 % de K<sub>2</sub>O) e brecha piroclástica (coletada em Goiás e contendo 1,69 % de K<sub>2</sub>O). Foi utilizada a soja Barreiras, variedade precoce, utilizando-se sementes previamente inoculadas com inoculante comercial de bactérias do gênero *Rhizobium* fornecido pela Embrapa Soja, mantendo cinco plantas por vaso após o desbaste.

Foi utilizada uma amostra de Latossolo Amarelo representativo dos Tabuleiros Costeiros, coletado na profundidade de 0 a 20 cm, que apresentou, de acordo com análises químicas  $0,4 \text{ mg dm}^{-3}$  de P, 0,03, 0,4, 0,4, 0,5, 2,53,  $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  de K, Ca, Mg, Al e H+Al respectivamente e,  $5,97 \text{ g kg}^{-1}$  de matéria orgânica.

As rochas (Tabela 1) foram testadas sem correção e com correção de acidez do solo, neste caso elevando o valor a saturação por bases (V) a 70%. Como corretivo foi utilizado um calcário dolomítico de alta velocidade de reação (100% passando na peneira 50 mesh). Inicialmente, as rochas e o corretivo de acidez foram aplicados e incorporados aos solos de cada vaso, deixando-os em incubação por um período de 45 dias, com a umidade em torno de 80% da capacidade de campo.

**Tabela 1. Identificação e composição das rochas avaliadas.**

Rocha	MnO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	Na <sub>2</sub> O	CaO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
	----- % -----						
Brecha piroclástica	0,21	12,71	9,50	0,88	11,56	0,85	1,69
Ultramáfica alcalina	0,19	10,88	19,71	2,33	13,50	1,14	2,79
Flogopitito	0,16	9,00	22,27	0,08	4,47	0,08	5,73

Foram avaliadas as doses de 37,5; 75; 112,5 e  $150 \text{ mg K}_2\text{O kg}^{-1}$  solo (equivalentes a 75; 150; 225 e  $300 \text{ kg K}_2\text{O ha}^{-1}$ ), para o cloreto de potássio e para as três rochas consideradas, perfazendo um total de 32 tratamentos, distribuídos num esquema fatorial  $4 \times 4 \times 2$ . Utilizou-se um delineamento experimental inteiramente casualizado com quatro repetições.

Findo o período de incubação, a massa de solo de cada vaso com três quilogramas foi homogeneizada, para coleta de amostras para análises químicas (Tabela 2) de acordo com a metodologia da Embrapa (1997) e em seguida iniciou-se a etapa com plantas. Por ocasião do plantio da soja, todos os vasos receberam uma adubação básica e uniforme com fósforo ( $65 \text{ mg P}_2\text{O}_5 \text{ kg}^{-1}$  solo), enxofre ( $40 \text{ mg S kg}^{-1}$  solo) e os micronutrientes zinco, cobre, ferro e boro, respectivamente nas doses de 2,0; 1,5; 2,0 e  $0,7 \text{ mg kg}^{-1}$  de solo. O potássio solúvel (KCl) e os demais nutrientes foram aplicados sob a forma líquida (em soluções), a partir das seguintes fontes: fosfato de cálcio, sulfato de magnésio, cloreto de zinco, sulfato de cobre, sulfato ferroso e ácido bórico. A dose de fósforo aplicada nos tratamentos teve o

objetivo de suprir suficientemente a planta e evitar efeitos que poderiam resultar da liberação do nutriente pelas rochas.

**Tabela 2. Teores de nutrientes no solo após 45 dias de incubação com rochas silicáticas (médias de sem e com calagem).**

<i>Fonte K</i>	<i>Doses</i>	<i>K</i> <i>(<math>cmol_c dm^{-3}</math>)</i>	<i>P</i> <i>(<math>mg dm^{-3}</math>)</i>	<i>Ca</i> <i>(<math>cmol_c dm^{-3}</math>)</i>	<i>Mg</i> <i>(<math>cmol_c dm^{-3}</math>)</i>
<b>Testemunha (KCl)</b>	75	0,0300	1,125	0,875	1,125
	150	0,0325	1,350	1,000	1,050
	225	0,0325	1,500	0,975	1,000
	300	0,0350	1,750	0,900	0,900
<b>Ultramáfica Alcalina</b>	75	0,0775	7,000	1,175	0,900
	150	0,1350	15,000	1,550	0,950
	225	0,2075	25,000	1,725	0,950
	300	0,2475	27,000	2,050	0,875
<b>Brecha Piroclástica</b>	75	0,0750	6,750	0,800	1,050
	150	0,1150	9,500	0,775	1,000
	225	0,1725	18,250	0,975	1,225
	300	0,2400	25,000	0,950	1,175
<b>Flogopitito</b>	75	0,0300	1,750	0,950	0,575
	150	0,0325	1,500	0,650	0,975
	225	0,0350	2,000	0,775	0,875
	300	0,0040	2,000	0,775	1,050

Além do fósforo, houve adubação com enxofre ( $40 mg S kg^{-1}$  solo) e micronutrientes (zinco, cobre, ferro e boro, respectivamente nas doses de 2,0; 1,5; 2,0 e  $0,7 mg kg^{-1}$  de solo). O potássio solúvel (KCl) e os demais nutrientes foram aplicados sob a forma líquida (em soluções).

A análise estatística dos resultados foi executada através dos softwares estatísticos SISVAR (Ferreira, 1999) para teste de Tukey (0,05) e análise de regressão polinomial, e pelo SAS (SAS Institute, 2003), para determinação das correlações.

A colheita da soja foi feita no estádio R2, que ocorreu 50 dias após o plantio e corresponde ao período de floração plena, onde há maior acúmulo de K na parte aérea da soja (Borkert et al., 2005). O material vegetal colhido foi seco em estufa com circulação de ar, seguindo-se a determinação das massas secas da parte aérea e análise química do material. Nesta etapa foram coletadas novas amostras de solo para análises químicas após o cultivo da soja. As análises de solo foram feitas

segundo a metodologia da Embrapa. (1997), e as do material vegetal segundo metodologia da Embrapa (1999).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

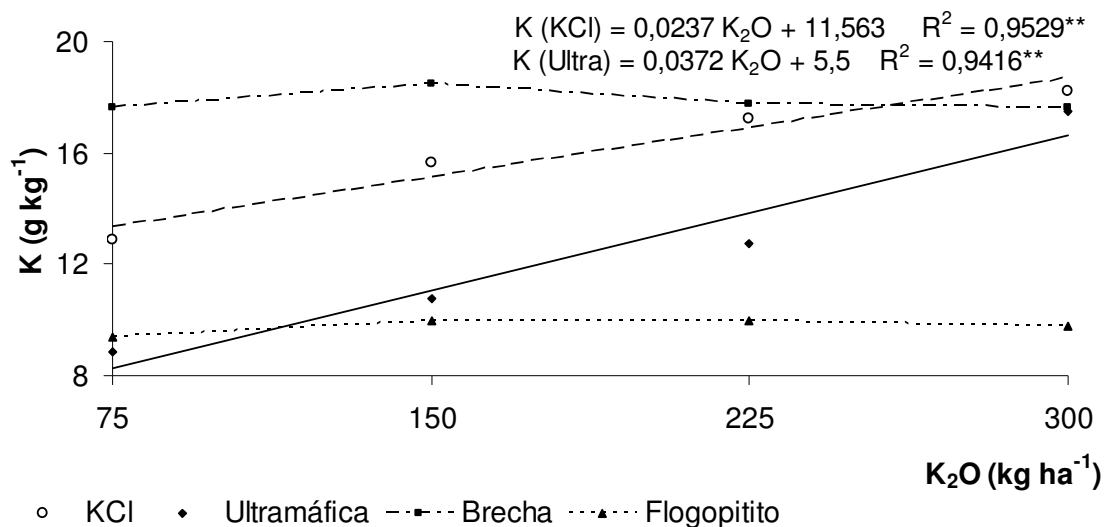
As maiores concentrações de K na planta, sem correção da acidez, foi obtida no tratamento com KCl, que foi 43% superior ao tratamento com ultramáfica, 87% em relação a brecha e 177% em relação ao flogopitito (Tabela 2). No entanto, com correção da acidez, houve aumento significativo do K absorvido em todos os tratamentos, merecendo destaque o tratamento com a brecha piroclástica, que teve um incremento de 240% na quantidade de K absorvida, passando a ocupar a condição de tratamento com maior concentração do nutriente na parte aérea da planta. Independente da correção da acidez, o tratamento com flogopitito foi o que apresentou a menor concentração de K na parte aérea da soja.

**Tabela 2. Concentrações de K na parte aérea da soja cultivada com diferentes fontes do nutriente**

Tratamento	Sem calagem	Com calagem
	----- K (g kg <sup>-1</sup> ) -----	
KCl	15,250 aA	16,750 bA
Ultramáfica	10,625 bB	14,313 cA
Brecha	8,125 cB	27,625 aA
Flogopitito	5,500 dB	14,063 cA

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Na Figura 1 pode-se observar que houve acréscimo significativo na concentração de K na parte aérea da soja em função das doses aplicadas para o tratamentos com KCl e ultramáfica alcalina. Pode-se observar ainda que houve um aumento médio de K na parte aérea da soja de 0,0237 g kg<sup>-1</sup> para o KCl e de 0,0372 g kg<sup>-1</sup> para a ultramáfica para cada kg de K<sub>2</sub>O aplicado. Mesmo com este acréscimo significativo e com a elevada concentração de K nas plantas do tratamento com a brecha piroclástica, não houve coeficiente de correlação positivo entre estas variáveis.



**Figura 1 – Concentração de K na parte aérea da soja cultivada com diferentes fontes do nutriente**

Estes resultados diferem dos obtidos por Oliveira et al. (2001), que obtiveram resposta positiva à aplicação de K, para a produção de material seco da parte aérea, tanto no florescimento (R2) quanto no final do ciclo de maturação (R8), porém corroboram com os resultados obtidos por Mascarenhas et al. (1981).

Sacramento & Rosolen (1998) verificaram que a eficiência de conversão de K, ou seja, a produção de matéria seca em função do K absorvido depende do estado nutricional da soja, sendo mais eficientes às plantas com deficiência do nutriente. Para Mascarenhas et al. (1994) e Fernandes et al. (1993), o K aplicado somente aumenta a produtividade, quando os teores no solo são muito baixos, sendo o seu efeito mais indireto, melhorando a qualidade fisiológica e sanitária das sementes e aumentando o teor de óleo.

As maiores concentrações de Ca na planta foram observadas nos tratamentos contendo ultramáfica alcalina e flogopitito (Tabela 3), enquanto que para o Mg, a maior concentração foi observada no tratamento com flogopitito, seguido do tratamento com a brecha piroclástica. Embora os tratamentos se apresentem diferentes do ponto de vista estatístico, todos apresentam concentrações adequadas para cultura da soja (Tecnologias... 2004).

**Tabela 3. Concentrações de cálcio e magnésio na parte aérea da soja cultivada com diferentes fontes de K.**

<b>Tratamento</b>	<b>Cálcio</b>	<b>Magnésio</b>
	----- g kg <sup>-1</sup> -----	
KCl	9,367 c	5,506 d
Ultramáfica	13,975 a	7,178 c
Brecha	11,677 b	8,038 b
Flogopitito	13,396 a	9,538 a

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

De acordo com Mascarenhas et al. (2000), em condições ideais de disponibilidade de K a relação (Ca+Mg)/K nas folhas varia entre 1,07 e 1,4. Este valor somente foi obtido no tratamento KCl (Tabela 4), quando corrigida a acidez, o que explica a elevada taxa de absorção do nutriente em função da dose de K<sub>2</sub>O aplicada naquela fonte.

Oliveira et al. (2001) observaram que além do teor de K foliar reduzido, as plantas deficientes apresentaram a relação (Ca+Mg)/K nas folhas superior a 3,6, valor observado no tratamento com flogopitito, sem correção da acidez, e que corresponde aos menores valores, tanto em produção de matéria seca como na concentração de K na parte aérea da planta. Segundo o autor acima a relação (Ca+Mg)/K nas folhas foi reduzida com o aumento da disponibilidade do K nos solos, confirmando o maior efeito antagônico do K sobre a absorção de Mg do que sobre a de Ca, no entanto, neste trabalho não foi verificada correlação significativa entre estas variáveis.

**Tabela 4. Relação (Ca+Mg)/K da parte aérea da soja após cultivo com rochas silicáticas portadoras de K**

<b>Tratamento</b>	<b>Sem calagem</b>	<b>Com calagem</b>
	----- Relação (Ca+Mg)/K -----	
KCl	0,8919 cA	1,0369 bA
Ultramáfica	2,2506 bA	1,8238 aA
Brecha	2,3344 bA	0,6957 bB
Flogopitito	3,9006 aA	1,8569 aB

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Fuzzato & Ferraz (1967) e Sila et al. (1984) verificaram respectivamente que, para o algodoeiro, as relações  $K/(Ca+Mg)$  mostraram-se mais eficientes que teores isolados de K trocável na correlação com a produção. Bull et al. (1993) observaram que para a soja perene as maiores produções foram encontradas com as relações  $(Ca+Mg)/K$  entre 20 e 25; para o tomateiro Lima et al. (1981) verificaram que estas relações estavam entre 10,5 e 23,6; e em plântulas de cacauzeiro as maiores produções encontradas por Morais & Rosand (1971) foram com as relações entre 16,5 e 24,4. Bull et al. (1998) observaram as maiores produções de bulbos de alho com a relação  $K/(Ca+Mg)^{1/2}$  entre 0,12 e 0,29 e, K trocável entre 2,6 e 6,4.

Embora não tenha havido resposta positiva às doses aplicadas de  $K_2O$  pelas diferentes fontes de K, a ultramáfica alcalina apresentou o melhor rendimento de matéria seca entre os tratamentos realizados, sendo maior que o tratamento com KCl em aproximadamente 13,5% sem correção da acidez. Quando realizada a correção da acidez, a produção de matéria seca da parte aérea da soja foi semelhante a do KCl, o que demonstra uma possível utilização no suprimento de nutrientes para a cultura (Tabela 5).

A análise estatística demonstrou que sem correção da acidez, a maior absorção de Mn e Fe ocorreu no tratamento contendo flogopitito, seguido pelos tratamentos brecha e KCl (Tabela 2). No entanto, de acordo com Tecnologias... (2004), todas estas concentrações observadas nestes tratamentos são consideradas de altas a excessivas e, apenas a ultramáfica apresentou teores considerados adequados.

**Tabela 5. Matéria seca da parte aérea da soja após cultivo com rochas silicáticas portadoras de potássio.**

<b>Tratamento</b>	<b>Sem calagem</b>	<b>Com calagem</b>
	----- massa seca (g) -----	
KCl	1,9800 bB	2,3338 aA
Ultramáfica	2,2481 aA	2,2119 abA
Brecha	1,9431 bA	2,0169 bA
Flogopitito	1,7381 bB	2,0525 bA

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Com a aplicação do calcário houve uma acentuada redução da concentração de Mn e Fe (60 a 80%) em todos os tratamentos, com exceção do

tratamento contendo ultramáfica, que apresentou ligeiro aumento, porém não significativo. Coerentemente, a concentração de Mn e Zn apresentou coeficiente de correlação negativo com a saturação por bases do solo (Tabela 6), visto que existe um relacionamento muito estreito entre aumento do pH do solo e da sua saturação por bases. Estes resultados explicam a baixa concentração do nutriente no tratamento com a ultramáfica, que alcançou saturação por bases igual a 69% sem correção da acidez, e a elevada concentração do nutriente nos tratamentos com brecha e flogopitito, uma vez que, sem correção da acidez, estes tratamentos apresentaram a menor taxa de saturação por bases, 44 e 38% respectivamente. Mesmo com a correção da acidez, as concentrações de Mn observadas nos tratamentos com brecha e flogopitito ainda são consideradas altas (Tecnologias..., 2004).

**Tabela 6. Concentração de manganês e ferro na parte aérea da soja cultivada com diferentes fontes de K**

Tratamento	Mn (mg kg <sup>-1</sup> )		Fe (mg kg <sup>-1</sup> )	
	Sem calagem	Com calagem	Sem calagem	Com calagem
KCl	248,31 cA	41,45 cB	612,31 bA	136,31 bB
Ultramáfica	78,38 dA	100,56 bcA	197,43 cA	218,63 abA
Brecha	662,68 bA	179,97 aB	513,06 bA	202,25 abB
Flogopitito	821,19 aA	148,08 abB	863,25 aA	311,06 aB

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

O flogopitito, embora seja a rocha com maior concentração de K<sub>2</sub>O total, não promoveu desenvolvimento satisfatório das plantas de soja, não influenciando na absorção do nutriente pela planta e a brecha piroclástica, embora tenha promovido a melhor absorção de K, não promoveu o desenvolvimento satisfatório da cultura.

**Tabela 7. Coeficiente de correlação de Pearson entre concentração de micronutrientes na parte aérea e saturação por bases do solo**

Interação	R
Manganês foliar x Saturação por bases	-0,7407**
Ferro foliar x Saturação por bases	-0,7762**



Verifica-se que a correção da acidez aumentou significativamente a produção de matéria seca da parte aérea da soja em quase 18% nos tratamentos com KCl e flogopitito, o que justifica a prática da calagem em plantios convencionais. No entanto, a calagem não promoveu acréscimo na produção de matéria seca nos tratamentos que utilizou as rochas brecha piroclástica e ultramáfica alcalina como fonte de K, provavelmente em função da elevada absorção de Ca e Mg que ocorreu nestes tratamentos, reduzindo o efeito do calcário.

### CONCLUSÕES

- O melhor rendimento de massa seca da parte aérea, sem correção da acidez, foi obtido no tratamento com ultramáfica alcalina, o qual também foi responsável, entre as rochas avaliadas, pela maior concentração de K das plantas de soja, com valores inferiores apenas ao cloreto de potássio.
- O tratamento ultramáfica alcalina proporcionou absorção em níveis adequados dos macronutrientes Ca e Mg e dos micronutrientes Fe e Mn na parte aérea das plantas de soja.
- A brecha piroclástica, embora tenha proporcionado maior concentração de K na parte aérea da planta, quando realizada correção da acidez, não contribuiu para o aumento da produção de matéria seca da soja.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BATAGLIA, O. & MASCARENHAS, H. A. A. **Absorção de nutrientes pela soja.** Campinas, Instituto Agrônomo, 1977. 36p. (Boletim técnico, 41)

BORKERT, C. M.; CASTRO, C.; OLIVEIRA, F. A.; KLEPKER, D.; OLIVEIRA JÚNIOR, A. O potássio na cultura da soja. In: YAMADA, T.; ROBERTS, T. L. (ed.). **Potássio na agricultura brasileira.** Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 2005. p. 671-722.

BÜLL, L.T.; BOARETTO, A.E.; MELLO, F.A.F.; SOARES, E. Influência da relação K/(Ca+Mg) do solo na produção de matéria seca e na absorção de potássio por gramínea e leguminosa forrageiras: II. Absorção de potássio em função da relação K/(Ca+Mg) no complexo de troca do solo. **Científica**. v.21, p.67-75, 1993.

DNPM, Departamento Nacional de Produção Mineral. **Anuário mineral Brasileiro**. Brasília – DF. 2001. 404p. Disponível em: < <http://www.dnpm.gov.br/portal/assets/galeriaDocumento/AMB2001/amb2001.htm> > , acessado em: 02 jan 07

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. Silva, F. C. da (org.). Brasília: **Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia**. 1999. 370p.

FERNANDES, D.M.; ROSSETO, C.A.; ISHIMURA, I.; ROSOLEM, C.A. Nutrição da soja e formas de potássio no solo em função de cutiares e adubação potássica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 17, p. 405-410, 1993

FERREIRA D. F. **Sistema para análise de variância para dados balanceados (SISVAR)**. Lavras: UFLA; 1999. 92p.

FUZATTO, M.G.; FERRAZ, C.A.M. Correlação entre o efeito da adubação potássica no algodoeiro e a análise química do solo. **Bragantia**, v.26, p.345-352, 1967.

LIMA, J.A.; DEFELIPO, B.V.; NOVAIS, R.F.; THIÉBAUT, J.T.L. Efeito das relações Ca/Mg e (Ca+Mg)/K na correção da acidez de dois latossolos e na produção de matéria seca do tomateiro (*Lycopersicon esculentum*, Mill) cv. 'Kada'. **Ceres**, v.28, p.103-115, 1981.

LOPES, A. S. Reservas de minerais potássicos e produção de fertilizantes potássicos no Brasil. In: YAMADA, T.; ROBERTS, T. L. (ed.). **Potássio na**

**agricultua brasileira.** Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 2005. p. 21-32.

MASCARENHAS, H.A.A.; BULISANI, E.A.; MIRANDA, M.A.C. de; BRAGA, N. R. & PEREIRA, J. C. V. N. A. Deficiência de potássio em soja no Estado de São Paulo: melhor entendimento do problema e possíveis soluções. **O Agrônômico**, Campinas, 40(1):34-43, 1988

MASCARENHAS, H. A. A.; TANAKA, R. T.; PEREIRA, J. C. V. N. A.; GALLO, P. B.; AMBROSANO, G. M. B. Calcário e potássio para a cultura da soja. **Scientia Agricola**, v.57, p.445-449, 2000

MASCARENHAS, H. A. A.; TANAKA, R. T.; CARMELLO, Q. A. C.; GALLO, P. B.; BATAGLIA, O. C. Efeito de adubos potássicos na produção de soja. **Scientia Agricola**, v.51, p.82-89, 1994.

MASCARENHAS, H.A.A.; TANAKA, R.T.; CARMELLO, Q.A.C.; GALLO, P.B.; AMBROSANO, G.M.B. Calcário e potássio para a cultura da soja. **Scientia Agricola**, v.57, p.445-449, 2000.

MASCARENHAS, H.A.A.; VALADARES, J.M.A.; ROTTA, C.L.; BULISANI, E.A. Adubação potássica na produção de soja, nos teores de potássio em Latossolo Roxo Distrófico de cerrado. **Bragantia**, v.40, p.125-134, 1981.

MELO, G. W.; MEURER, E. J.; PINTO, L. F. S. Fontes de potássio em solos distroféricos caulíníticos originados de basalto no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, p.377-382, 2004.

MEURER, E.J.; ANGHINONI, I. Disponibilidade de potássio e sua relação com parâmetros de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.17, p.377-382, 1993.

MORAIS, F.I.O.; ROSAND, F.P.C. Efeitos dos equilíbrios entre cálcio, magnésio e potássio no crescimento do cacauero. **Theobroma**, v.1, p.21-32, 1971.

NACHTIGALL, G. R.; RAIJ, B. Análise e interpretação de potássio no solo. In: YAMADA, T.; ROBERTS, T. L. (ed.). **Potássio na agricultura brasileira**. Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 2005. p. 93-118.

OLIVEIRA, F. A.; CARMELLO, Q. A. C.; MASCARENHAS, H. A. A. Disponibilidade de potássio e suas relações com cálcio e magnésio em soja cultivada em casa-de-vegetação. **Scientia agrícola**, v.58, p.329-355, 2001.

OLIVEIRA, L. A. M.; SOUZA, A. E. **Potássio. Balanço Mineral**. Brasília – DF. 2001. Disponível em: <http://www.dnpm.gov.br/portal/assets/galeriaDocumento/BalancoMineral2001/potassio.pdf> > , acessado em: 02 jan 07.

ROSOLEM, C. A. **Nutrição mineral e adubação da soja**. Piracicaba, POTAFOS, 1980. 80p. (Boletim técnico, 6)

SACRAMENTO, L. V. S.; ROSOLEM, C. A. Eficiência de absorção e utilização de potássio por plantas de soja em solução nutritiva. **Bragantia**, v. 57, p.355-365, 1998.

SAS INSTITUTE. **The SAS-system for windows: release 9.1 (software)**. Cary: Statistical Analysis System Institute, 2003.

SILVA, F. C.; EIRA, P. A.; BARRETO, W. O.; PÉREZ, D. V.; SILVA, C. A. **Manual de métodos de análises químicas para avaliação da fertilidade do solo**. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos - CNPS, 1998. 56p. (Embrapa-CNPS. Documentos, 3).

SILVA, N.M.; CARVALHO, L.H.; CIA, E.; CHIAVEGATTO, E.J. Estudo do parcelamento da adubação potássica do algodoeiro. **Bragantia**, v.43, p.111-124, 1984.

TECNOLOGIAS de produção de soja – região central do Brasil 2005. Londrina: Embrapa Soja, Embrapa Cerrados, Embrapa Agropecuária Oeste, Fundação Meridional, 2004. 239p. (Embrapa Soja. Sistemas de produção, 6)

YAMADA, T; BORKERT, C.M. Nutrição e produtividade da soja. In: SIMPÓSIO SOBRE CULTURA E PRODUTIVIDADE DA SOJA, 1., Piracicaba, 1992. **Anais.** Piracicaba: USP/ ESALQ, 1992. p.180-212.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Embora tenhamos verificado que a rocha ultramáfica alcalina apresentou os melhores resultados como fertilizante e na nutrição da soja, a aplicação de rochas silicáticas portadoras de potássio ainda apresenta muitos questionamentos que necessitam de estudos visando o melhor aproveitamento destes recursos, entre os quais podemos citar a aplicação destas rochas em diferentes ambientes, a biossolubilização por microrganismos, a aplicabilidade econômica e a liberação de elementos tóxicos e não desejáveis.