

## **EFICIÊNCIA DA ADUBAÇÃO RESIDUAL COM ROCHAS BRASILEIRAS PARA A CULTURA DA SOJA**

**Fábio Alvares de Oliveira<sup>1</sup>, César de Castro<sup>1</sup>, Adônis Moreira<sup>2</sup> &  
João Leonardo Rosa<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Embrapa Soja  
Caixa Postal 231, 86001-970, Londrina, PR.  
{falvares, ccastro}@cnpsso.embrapa.br

<sup>2</sup>Embrapa Pecuária Sudeste  
Rodovia Washington Luiz, km 234, 13560-970, São Carlos, SP.  
adonis@cpps.embrapa.br

<sup>3</sup>Universidade Estadual de Londrina  
Caixa Postal 6001, 86051-990, Londrina, PR.

Recebido 20 de abril de 2006, revisado 17 de maio, aceito 10 de junho

**RESUMO** – O objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência agronômica residual de rochas como fertilizantes multinutrientes no desenvolvimento e no estado nutricional da soja cultivada em sucessão ao girassol. O experimento foi executado em casa-de-vegetação, em vasos contendo 3 kg dos solos com características distintas, um Latossolo Vermelho distroférico (LVdf) e um Neossolo Quartzarênico (NQ). Os tratamentos foram dispostos no esquema fatorial (solos x fontes) e delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições. Além de uma testemunha não adubada, testaram-se as fontes de potássio, arenito vulcânico, brecha alcalina, carbonatito, biotita xisto, ultramáfica alcalina e a fonte padrão de potássio, cloreto de potássio, aplicadas na dose de 150 mg kg<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O por ocasião da semeadura do girassol. Cultivaram-se duas plantas de soja BRS 232 por vaso, as quais foram coletadas no estágio de florescimento pleno para a avaliação da produção de matéria seca da parte aérea, além dos teores de macro e micronutrientes nos tecidos. As rochas ultramáfica alcalina e biotita xisto apresentaram os maiores índices de eficiência agronômica residual para a produção de matéria seca pela soja. As rochas diferem na capacidade de disponibilização de nutrientes às plantas em função da composição mineralógica e apresentam características de fertilizantes multinutrientes, o

que deve ser considerado no cálculo de balanço da adubação.

**Palavras-Chave:** *Glycine max*, rochagem, estado nutricional, fertilizante alternativo, fertilizante potássico, fertilizante multinutriente.

**ABSTRACT** – The aim of this work was to evaluate the residual efficiency of ground rocks as multi-nutrient fertilizers on the development and nutritional status of the soybean cultivated after sunflower, under greenhouse conditions. Treatments were displayed in a factorial scheme (2 soils x 6 potassium sources), in a completely randomized blocks design with four replications. Two soybean BRS 232 plants were grown in pots containing 3 kg of two soils, a Rhodic Hapludox and an Ustoxic Quartzipsamment. Besides a control treatment (without potassium), the sources, volcanic sandstone, alkaline breccia, carbonatite, biotite schist, alkaline ultramaphic, and potassium chloride, as the standard fertilizer source, were applied in a rate of  $150 \text{ mg kg}^{-1}$  of  $\text{K}_2\text{O}$ , before the first crop sowing. At the full bloom stage, shoot dry matter yield and macro and micronutrients concentration in soybean tissues were evaluated. Alkaline ultramaphic and biotite schist rocks showed the highest residual agronomic efficiencies to dry matter yield of soybean. The rock sources presented differences in the capacity to supply nutrients for crops as a function of their mineralogical composition. The rocks act like multinutrient fertilizers and this characteristic must be considered in the fertilization program.

**Keywords:** *Glycine max*, rock fertilizer, nutritional status, alternative fertilizer, potassium fertilizer, multi-nutrient fertilizer.

## INTRODUÇÃO

A soja é a principal oleaginosa cultivada no Brasil e ocupa uma área de aproximadamente 21 milhões de hectares, representando 45% da área plantada com culturas anuais no país e distribuídos nas principais regiões agrícolas do

Brasil (Dall' Agnol, 2007). O consumo de fertilizantes para o cultivo da soja, principalmente fósforo e potássio destacam-se como os dois principais macronutrientes comercializados para a cultura (Tecnologias,...2006).

A substituição de fertilizantes minerais convencionais por pós de rochas tem apresentado resultados positivos tanto em estudos de casa-de-vegetação (Bakken *et al.*, 1997; Bakken *et al.*, 2000) quanto em estudos a campo (Leonardos *et al.*, 1987) e possibilitado a redução do custo de produção das culturas (Madeley, 1999). O aproveitamento de rochas brasileiras para a fertilização potássica de solos pode reduzir a dependência brasileira de importação de fontes externas (Oliveira, 2005), além de contribuir para o equilíbrio da fertilidade dos solos, por possuírem constituição multinutriente e até efeito corretivo de acidez. Contudo, além dos critérios técnicos que identificam as propriedades fertilizantes, a viabilidade do uso de rochas na agricultura deve considerar a distribuição geográfica das jazidas em relação ao local de utilização (van Straaten, 2006), o custo para os agricultores incluindo o frete, além da operacionalidade da aplicação e o efeito residual.

Em função da restrição ao uso de fertilizantes solúveis em agricultura orgânica, e à ausência de fontes de solubilização lenta potássio, o potencial de utilização de rochas brasileiras nesses sistemas de cultivo é elevado, devido às suas propriedades de solubilização lenta de nutrientes (van Straaten, 2006). Porém, entre as jazidas prospectadas, há grande variação na concentração total de K e, principalmente, na quantidade de K solúvel, possivelmente correlacionadas com a origem geológica e a composição mineral das rochas (Oliveira *et al.*, 2005). Também, é preciso destacar que, para o emprego das rochas como fertilizantes, a capacidade de neutralização da acidez bem como as concentrações dos demais

nutrientes devem ser consideradas na recomendação de uma adubação equilibrada.

Em função dos elevados volumes de rochas aplicados aos solos e, da solubilização lenta dos minerais constituintes, é necessário caracterizar a viabilidade agrônômica desses materiais através da avaliação dos efeitos residuais como fertilizantes em cultivos sucessivos, a exemplo do que se preconiza em termos de rotação e sucessão de culturas.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência agrônômica residual de rochas brasileiras como fertilizantes multinutrientes para a produção de matéria seca e o estado nutricional da soja cultivada em Latossolo Vermelho distroférico (LVdf) e Neossolo Quartzarênico (NQ).

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado em casa-de-vegetação na Embrapa Soja, Londrina, PR, utilizando-se vasos de plástico com 3 kg de capacidade, contendo dois solos, um Latossolo Vermelho distroférico (LVdf) de textura muito argilosa (615 g kg<sup>-1</sup> de argila), e um Neossolo Quartzarênico (NQ) de textura arenosa (90 g kg<sup>-1</sup> de argila). Originalmente os solos apresentavam baixos teores de potássio trocável, 0,16 e 0,06 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de K, respectivamente.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos completos casualizados em esquema fatorial (2 solos x 6 fontes de potássio), com quatro repetições. Foram utilizadas as fontes de potássio, brecha alcalina, arenito vulcânico, carbonatito, biotita xisto e ultramáfica alcalina, comparadas com a fonte padrão de potássio, o cloreto de potássio – KCl (**Tabela 1**). As rochas foram moídas, e

apresentavam granulometria homogêneas, com 100% do material inferior a 0,150 mm (peneira 100 mesh) e 45% inferior 0,075 mm (peneira 200 mesh), garantindo uma reatividade (RE) de 100% (Alvarez V. *et al.*, 1999). Foi avaliada a dose de 150 mg kg<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O como dose padrão para estudo de eficiência das rochas, aplicada anteriormente ao primeiro cultivo. Também avaliou-se um tratamento adicional testemunha, sem aplicação potássio.

No primeiro cultivo, utilizou-se o híbrido precoce de girassol (Helio 358) como planta teste, que apresenta elevada capacidade de exploração do solo e absorção de nutrientes, principalmente potássio (Castro & Oliveira 2005). Para a avaliação do efeito residual das rochas, foi cultivada a soja, cuja exigência em potássio é inferior à do girassol. Foram germinadas, em cada vaso, cinco sementes da soja semiprecoce BRS 232, realizando-se o desbaste seis dias após a emergência e mantendo-se duas plantas por vaso até o final do experimento. Durante toda a condução do trabalho, os vasos foram mantidos com umidade ao redor de 70% da capacidade de campo.

**Tabela 1** - Características químicas das fontes de potássio utilizadas<sup>1</sup>.

Fontes	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	PN <sup>2</sup>	Zn	Cu	pH
	----- % -----							-mg kg <sup>-1</sup> -			
Cloreto de potássio	60,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7,46
Brecha alcalina	2,73	10,7	8,51	1,03	41,1	12,4	1,1	0	138	56	7,64
Arenito vulcânico	1,48	22,9	5,90	0,58	25,9	12,1	0,07	50	151	39	7,86
Carbonatito	1,50	30,9	13,35	4,85	11,1	12,6	0,27	70	-	-	8,10
Biotita xisto	4,25	2,8	13,22	0,01	54,6	10,2	0,8	0	395	7	8,50
Ultramáfica alcalina	3,44	15,1	16,88	1,40	32,6	11,1	2,62	50	132	77	8,76

<sup>1</sup>Fonte: IG/UNB. <sup>2</sup> Poder de Neutralização.

A adubação básica, efetuada por ocasião da semeadura do girassol, foi realizada com base na análise química de cada solo, aplicando-se 100 mg kg<sup>-1</sup>

de  $P_2O_5$  (superfosfato triplo), 100 mg  $kg^{-1}$  de N ( $NH_4NO_3$ ), 1,0 mg  $kg^{-1}$  de B ( $H_3BO_3$ ), 2,0 mg  $kg^{-1}$  de Zn ( $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ ) e 25,0 mg  $kg^{-1}$  de Mn como  $MnCl_2 \cdot 4H_2O$ , no solo LVdf, e de 100 mg  $kg^{-1}$  de  $P_2O_5$  (superfosfato triplo), 100 mg  $kg^{-1}$  de N ( $NH_4NO_3$ ), 1,0 mg  $kg^{-1}$  de B (ácido bórico), 2,0 mg  $kg^{-1}$  de Zn ( $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ ), 2,0 mg  $kg^{-1}$  de Cu ( $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ ) e 20 mg  $kg^{-1}$  de S (Flor de enxofre), no solo NQ.

No segundo cultivo, para atender às exigências da soja foram aplicados 100 mg  $kg^{-1}$  de  $P_2O_5$  (superfosfato triplo), 80 mg  $kg^{-1}$  de Ca e 0,01 mg  $kg^{-1}$  de Mo, no solo LVdf, e de 100 mg  $kg^{-1}$  de  $P_2O_5$  (superfosfato triplo), 80 mg  $kg^{-1}$  de Ca ( $CaCl_2$ ), 1,6 mg  $kg^{-1}$  de Zn ( $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ ) e 0,01 mg  $kg^{-1}$  de Mo ( $(NH_4)_6Mo_7O_{24} \cdot 7H_2O$ ), no solo NQ. Em ambos os solos, a soja foi inoculada com bactérias do gênero *Bradyrhizobium* (Tecnologias..., 2006).

No florescimento pleno, estágio R2 (Fehr & Caviness, 1977), as plantas foram colhidas e secas em estufa para a determinação da produção de matéria seca da parte aérea e para a determinação dos teores de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) e de micronutrientes (B, Cu, Fe, Mn e Zn) para avaliação do estado nutricional das plantas, de acordo com as metodologias descritas por Silva (1999).

Foi determinado o índice de eficiência agrônômica (I.E.A.) das rochas para a produção de matéria seca (MS), considerando o cloreto de potássio (KCl) como referência, descontando a matéria seca da testemunha (tratamento não adubado com K), conforme a fórmula:

$$I.E.A. = \frac{\text{Produção MS (Rocha)} - \text{Produção MS (Testemunha)}}{\text{Produção MS (KCl)} - \text{Produção MS (Testemunha)}} \times 100$$

De acordo com o delineamento proposto, os resultados de produção de matéria seca e os dados relativos ao estado nutricional da soja foram submetidos à análise de variância (teste F) e teste de Tukey, ambos a 5% de probabilidade, conforme metodologias descritas por Pimentel Gomes & Garcia (2002).

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A produção de matéria de seca pela soja cultivada após o girassol foi baixa (**Tabela 2**), possivelmente em função da baixa disponibilidade de nutrientes determinada pela elevada extração de nutrientes pelas plantas de girassol cultivadas anteriormente e também devido à solubilidade restrita das rochas fontes de potássio. Verificou-se, no solo LVdf, que o arenito vulcânico proporcionou produção semelhante à testemunha e estatisticamente inferior às demais rochas, não apresentando efeito residual e, portanto, potencial para utilização agrícola como fonte de K. No solo NQ, cuja reserva inicial de potássio era naturalmente muito baixa, o arenito vulcânico e a brecha alcalina apresentaram as menores eficiências e efeitos residuais estatisticamente inferiores aos apresentados pelo carbonatito e pela ultramáfica alcalina.

Os resultados obtidos com a aplicação de rochas provavelmente relacionam-se não só à composição mineralógica como à granulometria dos produtos aplicados, que são fatores determinantes da capacidade e da intensidade de solubilização dos minerais, associadas com as propriedades físico-químicas dos solos. Com exceção do arenito vulcânico, em ambos os solos estudados, e da brecha alcalina, no solo NQ, as rochas apresentaram I.E.A. elevado para a produção de matéria seca da soja, indicando efeito residual semelhante ou superior ao KCl para o fornecimento de K e outros nutrientes.

**Tabela 2** - Produção de matéria seca (M.S) da parte aérea da soja cultivada em casa-de-vegetação e Índice de Eficiência Agronômica (I.E.A.) das rochas, nos solos LVdf e NQ.

Tratamento	Solos			
	LVdf		NQ	
	M.S	I.E.A.	M.S	I.E.A.
Testemunha	7,9 bc	-	6,8 c	-
Cloreto de potássio	10,5 ab	100 A	9,2 b	100
Brecha alcalina	10,8 ab	111 A	6,6 c	-6
Arenito vulcânico	6,8 c	-41 B	7,7 bc	37
Carbonatito	10,5 ab	101 A	11,6 a	201
Biotita xisto	12,9 a	193 A	9,2 b	101
Ultramáfica alcalina	11,2 a	129 A	11,7 a	204
Média	10,1	98,7	9,0	106,2
CV (%)	13,9	58,7	8,6	31,3
DMS	3,2	129,9	1,8	74,6

Médias seguidas por letras distintas na mesma coluna diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Os teores de K na parte aérea da soja (**Tabela 3**) apresentaram-se muito abaixo dos considerados adequados para a cultura, mesmo considerando-se que a parte da planta analisada e a época de colheita não corresponderam à metodologia de referência (Tecnologia,...2006). Esses teores podem ser identificados como deficientes e, portanto, associados à reduzida produção de matéria seca da cultura. Independente do solo cultivado, os teores de K disponíveis para a soja eram reduzidos, em virtude da grande absorção deste nutriente pelas plantas de girassol cultivadas anteriormente (**Tabela 4**). Ainda assim, foi possível diferenciar a capacidade de fornecimento residual de K pelas fontes analisadas.

No solo LVdf, somente a fertilização com brecha alcalina não disponibilizou potássio para a absorção pelas plantas em quantidades superiores às da testemunha.. Os teores de K na parte aérea da soja adubada com KCl não diferiram estatisticamente daqueles absorvidos pelas plantas cultivadas submetidas à adubação com as rochas carbonatito, arenito vulcânico, biotita xisto e ultramáfica alcalina. (**Tabela 3**). Contudo, houve um efeito de concentração de K (Marschner, 1995) nas plantas adubadas com arenito vulcânico, em virtude da baixa produção de matéria seca verificada nesse tratamento (**Tabela 2**), o que não permite classificar essa rocha como uma fonte eficiente para o fornecimento do nutriente. No solo NQ, os teores de K na parte aérea das plantas cultivadas com as rochas carbonatito, brecha alcalina e biotita xisto foram estatisticamente superiores aos teores nas plantas nos tratamentos com KCl e testemunha, que apresentaram-se equivalentes.

Os teores dos macronutrientes nitrogênio, fósforo e enxofre na parte aérea das plantas apresentaram pequenas diferenças entre os tratamentos (**Tabela 3**). Os teores de cálcio e de magnésio podem, de modo geral, ser considerados adequados, de acordo com a interpretação pelo método das faixas de suficiência da soja (Malavolta *et al.*, 1997; Tecnologias..., 2006). Contudo, no caso do Ca, além do efeito de concentração, os altos teores encontrados nos tratamentos com arenito vulcânico, podem estar relacionados à quantidade da rocha aplicada ao solo, ao conteúdo e à forma do elemento presente na rocha, que provavelmente apresenta carbonatos em sua composição química, o que pode ser constatado pelo poder de neutralização da rocha (**Tabela 1**).

No NQ, os teores de fósforo na parte aérea foram altos, com exceção das

plantas do tratamento carbonatito, que apresentaram a maior produção de matéria seca, possivelmente em função do fator diluição. Contudo, a alta disponibilidade de fósforo está relacionada com a aplicação de fertilizantes fosfatados solúveis no início do experimento e não com as rochas envolvidas nos tratamentos. No LVdf, que apresenta maior capacidade de adsorção de fósforo (poder tampão), em virtude da elevada quantidade de óxidos de ferro constituintes da sua fração argila, os teores de fósforo presentes na parte aérea das plantas foram reduzidos.

Com exceção dos teores de cobre em todos os tratamentos e dos teores de zinco, principalmente na parte aérea das plantas adubadas com arenito vulcânico, carbonatito e ultramáfica alcalina, a absorção e concentração de micronutrientes na parte aérea das plantas apresentaram-se adequadas (Malavolta *et al.*, 1997, Tecnologias..., 2006) independentemente da fonte utilizada e do solo cultivado (**Tabelas 5**). Contudo, no solo LVdf, observou-se que o carbonatito e o arenito vulcânico proporcionaram os menores teores de manganês absorvidos, destacando-se das demais fontes, inclusive da testemunha. Essas duas fontes apresentam efeito corretivo de acidez (**Tabela 1**) e foram aplicadas em grande quantidade, devido à sua baixa concentração em K. Isso pode estar relacionado com uma possível redução da disponibilidade de micronutrientes catiônicos na solução do solo, por precipitação em condições de pH elevado e, também, diminuição da absorção pelas raízes das plantas, promovida por interações de inibição interiônica na rizosfera (Malavolta, 2006).

**Tabela 3** - Teores de macronutrientes na parte aérea da soja, em função das fontes de potássio nos solos LVdf e NQ.

Tratamento	LVdf					
	N	P	K	Ca	Mg	S
	----- g kg <sup>-1</sup> -----					
Testemunha	33,6a	1,7	3,6d	16,8b	13,0a	2,5ab
Cloreto de potássio	29,8b	1,6	7,8ab	12,8c	7,6cd	2,4b
Brecha alcalina	29,2b	1,7	4,1cd	15,6bc	13,4a	2,4b
Arenito vulcânico	39,8a	1,5	7,6abc	22,4a	9,5bc	2,8a
Carbonatito	32,3ab	1,4	10,8a	17,3b	6,8d	2,6ab
Biotita-xisto	28,7b	2,0	6,3bc	14,2bc	10,0b	2,3b
Ultramáfica alcalina	28,8b	1,3	7,1abc	13,6bc	7,4cd	2,4b
Média	31,7	1,6	6,9	16,1	9,7	2,5
CV (%)	12,4	18,8	23,6	9,9	9,7	5,8
DMS	9,0	ns	3,7	3,7	2,2	0,3
	NQ					
Testemunha	34,3a	9,1ab	3,7c	17,5b	15,1a	2,4a
Cloreto de potássio	24,6cd	7,0abc	3,7c	17,8b	11,2bc	1,9cd
Brecha alcalina	31,1ab	8,9ab	5,3ab	17,3b	13,9ab	2,2abc
Arenito vulcânico	29,4abc	9,8a	4,5bc	24,2a	11,6bc	2,2ab
Carbonatito	25,1cd	4,2c	5,9a	19,1b	8,1d	1,9bcd
Biotita-xisto	22,4d	7,0abc	4,9ab	17,1b	9,3cd	1,8d
Ultramáfica alcalina	27,1bcd	6,1bc	4,3bc	16,9b	10,0cd	1,9bcd
Média	27,7	7,4	4,6	18,6	11,3	2,0
CV (%)	8,2	19,2	10,9	7,9	11,1	7,5
DMS	5,2	3,3	1,2	3,4	2,9	0,4

Médias seguidas por letras distintas na mesma coluna diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

**Tabela 4** - Acúmulo de potássio na parte aérea do girassol cultivado no primeiro ciclo, em função de fontes de potássio, nos solos LVdf e NQ.

Tratamento	Solos	
	LVdf	NQ
	----- MS -----	
Testemunha	158cd	33e
Cloreto de potássio	339a	399a
Brecha alcalina	149cd	64e
Arenito vulcânico	126d	46e
Carbonatito	229bc	200d
Biotita xisto	288ab	272c
Ultramáfica alcalina	301a	335b

Médias seguidas por letras distintas na mesma coluna diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Parte dos micronutrientes presentes na rochas (**Tabela 1**) pode ter sido solubilizado e absorvido pelas plantas (**Tabela 5**), indicando que essa contribuição deve ser considerada nos cálculos adubação das culturas com rochas multinutrientes, podendo afetar o equilíbrio nutricional das plantas. O teor de zinco na parte aérea das plantas adubadas com carbonatito, em ambos os solos, foi significativamente menor que os teores nas plantas dos demais tratamentos, possivelmente pela ausência deste micronutriente nessa fonte, conforme pode ser observado na **Tabela 1** e abaixo dos teores considerados adequados para a cultura (Tecnologias..., 2006). Por outro lado, apesar da elevada quantidade de Zn presente na composição da biotita xisto, os teores deste nutriente observados na soja adubada com biotita não diferiram dos teores observados nas plantas dos tratamentos testemunha, KCl e brecha alcalina.

**Tabela 5** - Teores de micronutrientes na soja, em função das fontes de potássio nos solos LVdf e NQ.

Tratamento	LVdf				
	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	----- mg kg <sup>-1</sup> -----				
Testemunha	64a	5,3	169ab	201a	61a
Cloreto de potássio	46cd	5,5	141ab	145b	59a
Brecha alcalina	64a	5,2	189a	152b	55a
Arenito vulcânico	60ab	6,4	136b	49e	24bc
Carbonatito	48cd	5,5	142ab	37e	13c
Biotita-xisto	53bc	5,7	148ab	115c	49a
Ultramáfica alcalina	45d	4,4	128b	83d	32b
Média	54	5,4	151	112	42
CV (%)	6,2	26,7	15,2	11,3	14,2
DMS	14	ns	53	29	14
	NQ				
Testemunha	75ab	5,6a	221a	110a	36ab
Cloreto de potássio	65bc	3,7bc	148bc	96ab	42a
Brecha alcalina	81ab	4,6ab	199ab	106a	37a
Arenito vulcânico	84a	4,9a	168abc	70bc	19c
Carbonatito	54cd	3,1c	180abc	61c	13c
Biotita-xisto	52cd	3,0c	125c	70bc	37a
Ultramáfica alcalina	48d	3,4c	164abc	73bc	23bc
Média	66	11,9	172	83	30
CV (%)	10,3	4,0	17,4	15,2	18,8
DMS	15	1,1	69	29	13

Médias seguidas por letras distintas na mesma coluna diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

## CONCLUSÕES

As rochas ultramáfica alcalina e biotita xisto apresentaram os maiores índices de eficiência agrônômica residual para a produção de matéria seca da parte aérea de soja;

O arenito vulcânico apresenta baixo efeito residual e não apresenta viabilidade agrônômica como fonte de potássio;

As rochas diferem na capacidade de disponibilização nutrientes para as culturas e apresentam características de fertilizantes multinutrientes que devem ser consideradas no cálculo de balanço da adubação.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Ministério de Ciência e Tecnologia, fundos setoriais Mineral e do Agronegócio pelo suporte financeiro (Contratos FINEP 2883/03 e CNPq 506313/2003-4) ao Projeto "Rochas brasileiras como fontes alternativas de potássio para uso em sistemas agropecuários".

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVAREZ VENEGAS, V.H.; NOVAIS, R.F.; BARROS, N.F.; CATARUTTI, R.B.; LOPES, A.S. (1999) Interpretação dos resultados das análises de solos. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ VENEGAS, V.H. *Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais, 5ª aproximação*. Viçosa: SFSEMG, p. 25-32.
- BAKKEN, A.K.; GAUTNEB, H; MYHR, K. (1997) Plant available potassium in rocks and tailing with biotite, nepheline and K-feldspar as K-bearing minerals. *Acta Agriculture Scandinavica*, v.47, p.129-134.

- BAKKEN AK, GAUTNEB H, SVEISTRUPT AND MYHR K. (2000) Crushed rocks and mine tailings applied as K fertilizers on grassland. *Nutrient Cycling in Agroecosystem*, v.56, p.53-57.
- CASTRO, C.; OLIVEIRA, F.A. (2005) Nutrição e adubação do girassol. In: LEITE, R.M.V.B.C.; BRIGHENTI, A.M.; CASTRO, C. (Ed.). *Girassol no Brasil*. Londrina: Embrapa Soja, p. 317-373.
- DALL'AGNOL, A.; ROESSING A.C.; LAZZAROTTO, J.J.; HIRAKURI, M.H.; OLIVEIRA, A.B. de. (2007) *O complexo agroindustrial da soja brasileira*. Londrina: Embrapa Soja. 12 p. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 43).
- FEHR, W.A.; CAVINESS, C.E. (1977) *Stages of soybean development*. Ames: Iowa State University, 11p. (Iowa Agriculture Experimental Station Bulletin, 80).
- LEONARDOS, O.H.; FYFE, W.S.; KRONBERG, B.I. (1987) The use of ground rocks in laterite systems: an improvement to the use of conventional soluble fertilizers? *Chemical Geology*, v.60, p.361-370.
- MADELEY, P.H.C. *Soil Remineralisation*. (1999) 48f. Dissertation. - Manchester Metropolitan University, Manchester.
- MALAVOLTA, E. (2006) *Manual de nutrição mineral de plantas*. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, p. 1-39.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. (1997) *Avaliação do estado nutricional de plantas*. Piracicaba: Potafos, 319p.
- MARSCHNER, H. (1995) *Mineral nutrition of higher plants*. London: Academic Press, 889p.
- OLIVEIRA, L.A.M. (2005) Potássio. In: Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM). *Sumário Mineral 2005*. Disponível em: [http://www.dnpm.gov.br/mostra\\_arquivo.asp?IDBancoArquivoArquivo=536](http://www.dnpm.gov.br/mostra_arquivo.asp?IDBancoArquivoArquivo=536). Acesso em 20 de janeiro de 2007.
- OLIVEIRA, F.A.; CASTRO, C.; SALINET, L.H.; VERONESI, C.O. (2005) Rochas

brasileiras como fontes alternativas de potássio para uso em sistemas agropecuários. IN: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE GIRASSOL, XVI, Londrina, 2005. *Anais*. Londrina: Embrapa Soja, p.40-43.

PIMENTEL GOMES, F.; GARCIA, C.H. (2002) *Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e florestais*: exposição com exemplos e orientações para uso de aplicativos. Piracicaba: FEALQ, 309p.

SILVA, F.C. (1999) *Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes*. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia: Embrapa Solos: Embrapa Informática Agropecuária. 370p.

TECNOLOGIAS DE PRODUÇÃO DE SOJA (2007) *REGIÃO CENTRAL DO BRASIL 2007. 2006*. Londrina: Embrapa Soja: Embrapa Cerrados: Embrapa Agropecuária Oeste, 225p. (Embrapa Soja. Sistemas de Produção, 11).

VAN STRAATEN, P. (2006) Farming with rocks and minerals: challenges and opportunities. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v.78, n.4, p.731-747.