

ROCHAS BRASILEIRAS COMO FONTE ALTERNATIVA DE POTÁSSIO PARA A CULTURA DO GIRASSOL

**César de Castro¹, Fábio Alvares de Oliveira¹, Adônis Moreira², Luana
Held Salinet³ & Cristiane de Oliveira Veronesi⁴**

¹Embrapa Soja
Caixa Postal 231, 86001-970, Londrina, PR.
{ccastro, falvares}@cnpso.embrapa.br

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

³Universidade Estadual de Londrina
Caixa Postal 6001, 86051-990, Londrina, PR.
luana@cnpso.embrapa.br

⁴Universidade Federal da Grande Dourados
Caixa Postal 533, 78825-070, Dourados, MS.
cris_veronesi@hotmail.com

Recebido 15 de junho de 2006, revisado 22 de agosto, aceito 8 de outubro.

RESUMO – O trabalho foi desenvolvido em casa-de-vegetação para avaliar a viabilidade técnica de utilização de rochas brasileiras como fontes alternativas de potássio para a cultura do girassol Helio 358 cultivado em vasos em dois solos, um Latossolo Vermelho distroférico e um Neossolo Quartzarênico. Os tratamentos foram dispostos no esquema fatorial (solos x fontes x doses) e delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições. As fontes de potássio, arenito vulcânico, brecha alcalina, carbonatito, biotita xisto e ultramáfica alcalina, além da fonte padrão cloreto de potássio (KCl) foram aplicadas nas doses de 0, 150 e 300 mg kg⁻¹ de K₂O. Avaliou-se a produção de matéria seca da parte aérea das plantas colhidas no início do florescimento (estádio R5), além das concentrações e do acúmulo de potássio nos tecidos. Tanto a produção quanto o acúmulo de potássio foram influenciados pelas fontes de potássio utilizadas. As rochas biotita xisto e a ultramáfica alcalina apresentaram os maiores potenciais de utilização, com eficiências comparáveis ao KCl já no primeiro ano de aplicação, para doses de 150 mg kg-

1 de K₂O ou superiores.

Palavras-Chave: *Helianthus annuus*, pó de rocha, rochagem, eficiência agronômica.

ABSTRACT – A greenhouse experiment was carried out to evaluate the agronomic efficiency of Brazilian rocks as alternative potassium source to sunflower Helio 358 cultivated in pots, in a Rhodic Hapludox and an Ustoxic Quartzipsamment. Treatments were displayed in a factorial scheme (soils x sources x rates) in a completely randomized blocks design with four replications. The sources of potassium, volcanic sandstone, alkaline breccia, carbonatite, biotite schist, alkaline ultramaphic and potassium chloride (KCl), as the standard fertilizer source, were applied in rates of 0, 150 e 300 mg kg⁻¹ of K₂O. At beginning of flowering, yield of shoot dry matter and concentration and accumulation of potassium in plant tissues, besides levels of exchangeable potassium in soil were evaluated. Both yield and potassium accumulation were affected by potassium sources. Biotite schist and ultramaphic alkaline rocks showed the highest potential for use as alternative potassium source and efficiencies comparable to KCl, even in the first application year, for 150 mg kg⁻¹ of K₂O or higher rates.

Keywords: *Helianthus annuus*, rock powder, rock fertilizer, agronomic efficiency.

INTRODUÇÃO

O girassol é uma planta acumuladora de potássio com elevado potencial para utilização agrícola como cultura de sucessão, por desempenhar um importante papel na ciclagem de nutrientes (Castro e Oliveira, 2005). Além de ser acumuladora de potássio, o desenvolvimento do sistema radicular, explorando grande volume de solo adquire grande importância quando compreende-se que alguns nutrientes têm seu mecanismo de absorção preferencialmente por difusão,

como o fósforo e o potássio.

Para a produção de girassol, a disponibilidade de potássio no solo deve ser média ou alta, já que a demanda da cultura é elevada, em torno de 171 kg de K_2O na parte aérea (caule, pecíolo, folha, capítulo e grãos), para cada tonelada de grãos produzida. Contudo, a quantidade do nutriente que é exportada através dos aquênios na colheita é baixa, alcançando, em torno de 12 kg de K_2O por tonelada produzida (Oliveira *et al.*, 2005).

Um dos principais itens que compõem a estrutura dos custos variáveis de produção das culturas é o adubo, caracterizado principalmente pelos macronutrientes nitrogênio, fósforo e potássio. Para o girassol, em função da exigência nutricional, estes fertilizantes representam ao redor de 42% do custo dos insumos, constituindo assim, o componente que mais onera a produção de girassol (Lazarotto *et al.*, 2005).

A utilização de pós de rochas como produto alternativo na fertilização de solos tem sido relatada há várias décadas, com o intuito de reduzir o custo de produção das culturas pelo uso de adubos minerais (Madeley, 1999). Os pós de rocha apresentam como características a composição multielementar e a capacidade de solubilização lenta, que são apropriadas para a utilização em sistemas de produção alternativos e em condições altamente favoráveis à lixiviação de nutrientes, principalmente em solos tropicais degradados (van Straaten, 2006), com respostas positivas em culturas anuais, cultivos florestais e pastagens (Leonardos *et al.*, 1987).

Atualmente, há grande carência de informações sobre práticas de manejo

da adubação para sistemas produtivos com fontes alternativas de potássio (K) objetivando, além da manutenção da disponibilidade do nutriente no solo e o suprimento adequado para culturas em sucessão, a redução da dependência externa da principal fonte do nutriente utilizada na agricultura brasileira, o cloreto de potássio (KCl), que atinge uma taxa de 90% de importação (ANDA, 2004.; Lopes, 2005), implicando considerável valor das importações brasileiras para suprir a demanda crescente de K.

Como na agricultura orgânica não é permitido o uso de determinados fertilizantes químicos, de alta concentração de nutrientes e solubilidade, a possibilidade do uso de rocha potássica para atender à agricultura orgânica, com um insumo natural, torna-se extremamente importante, principalmente em solos de textura média e arenosa e originalmente com teores baixos de potássio. Contudo, um possível problema, é que as rochas apresentam em sua composição, outros elementos, alguns não nutrientes e, com aplicação de altas quantidades ou com a frequência de aplicação, pode haver um desequilíbrio nutricional, inclusive com acúmulo de grandes quantidades de metais pesados (Amaral Sobrinho, 1992).

Uma questão importante a ser considerada para o uso de pós de rochas na agricultura, além dos critérios técnicos que identificam as propriedades fertilizantes, deve ser o custo para os agricultores, inclusive o transporte e a distribuição geográfica das jazidas em relação ao local de utilização (van Straaten, 2006)

A utilização de rochas moídas como produtos alternativos na fertilização de solos, em especial de K, pode reduzir a dependência externa e eliminar um dos

entraves à produção orgânica de grãos, que exige a utilização de insumos não quimicamente processados. Porém, o potencial de uso como fertilizante dessas rochas é dependente da concentração das suas formas químicas (Oliveira *et al.*, 2005), do grau de eficiência e solubilização.

O potencial fertilizante dos pós de rocha é determinado pela solubilidade das formas de potássio presentes nessas rochas, dependendo das características químicas, mineralógicas e físicas de cada material e da granulometria. Além disso, é influenciado pelas condições climáticas e edafológicas, como mineralogia, textura e composição orgânica do solo, pelo sistema produtivo e pela espécie cultivada, que regulam a concentração de equilíbrio do nutriente na solução do solo, da forma e da frequência de aplicação do produto e a disponibilidade do potássio resultante para as plantas.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a viabilidade técnica de utilização de rochas brasileiras como fontes alternativas de potássio para a cultura do girassol e para a manutenção da disponibilidade do nutriente, em dois solos com características distintas.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em casa-de-vegetação da Embrapa Soja, com coordenadas geográficas 23°11'39" de latitude sul, 51°10'40" de longitude oeste e 614 m de altitude e instalado em vasos de plásticos com capacidade de 3,0 kg. Foram utilizados dois solos representativos com baixos teores iniciais de potássio e granulometrias distintas, sendo o primeiro, um Latossolo Vermelho Distroférico (LVdf) de textura muito argilosa (615 g kg⁻¹ de argila), coletado em Mauá da Serra-PR e o segundo, um Neossolo Quartzarênico (NQ) de textura arenosa

Tabela 1-Propriedades químicas¹ e granulométricas² da camada 0 – 20 cm do Latossolo Vermelho distroférrico (LVdf) e do Neossolo Quartzarênico (NQ).

Solo	pH	C	P	B	K	Ca	Mg	Al	H ⁺	SB	CT	V
	(CaCl ₂)	g dm ⁻³	mg dm ⁻³					cmol _c dm ⁻³				%
LVdf	4,0	30	4,9	0,3	0,16	0,7	0,3	1,0	10,2	1,14	11,4	10
NQ	4,2	9	2,1	0,1	0,05	0,7	0,2	0,3	3,1	0,93	4,0	23
		Areia				Silte				Argila		
		----- g kg ⁻¹ -----										
LVdf		281				104					615	
NQ		894				16					90	

¹ - Metodologia descrita por Silva (1999).

² - Metodologia descrita por Embrapa (1997).

(90 g kg⁻¹ de argila), coletado em Alto Garça-MT, que apresentavam originalmente baixos teores de potássio trocável (**Tabela 1**).

Com base nos resultados da análise química e granulométrica inicial dos solos (**Tabela 1**), os dois solos foram corrigidos com calcário dolomítico (PRNT 100%) e incubados com umidade controlada por 40 dias, para aumentar a saturação por bases, respectivamente, para 70% e 50%. Além da calagem, foi realizada adubação de base com 100 mg kg⁻¹ de P₂O₅ na forma de superfosfato triplo, 100 mg kg⁻¹ de N como NH₄NO₃. Também foram aplicados B, Zn e Mn nas doses de 1, 2 e 5 mg kg⁻¹ no LVdf, e S, B, Cu e Zn nas doses de 20, 1, 2 e 2 mg kg⁻¹ no NQ. O boro, o zinco, o manganês, o cobre e o enxofre foram aplicados na forma de ácido bórico, sulfato de zinco, cloreto de manganês, sulfato de cobre e Flor de enxofre, respectivamente.

Os tratamentos foram dispostos em esquema fatorial (2 solos x 6 fontes x 3

doses) sob o delineamento experimental em blocos ao acaso, com quatro repetições. Foram utilizadas as doses de 0, 150 e 300 mg kg⁻¹ de K₂O, na forma de seis fontes do nutriente sendo, cinco rochas: arenito vulcânico (1,48 % K₂O), carbonatito (1,5 % K₂O), brecha alcalina (2,73 % K₂O), ultramáfica alcalina (3,44 % K₂O) e biotita xisto (4,25 % K₂O), que foram comparadas com a fonte padrão de potássio, o cloreto de potássio (60 % K₂O), nos dois solos avaliados.

As rochas apresentaram granulometrias homogêneas, com 100% do material inferior a 0,150 mm (peneira 100 mesh) e 45% inferior 0,075 mm (peneira 200 mesh). A aplicação dos tratamentos foi realizada misturando-se as quantidades de cada fonte com todo o volume de solo dos vasos correspondente a cada tratamento, por ocasião da semeadura.

Como planta teste utilizou-se o híbrido precoce de girassol (Helio 358), que apresenta elevada capacidade de exploração do solo e absorção de potássio. Inicialmente, foram colocadas para germinar cinco sementes do girassol e, seis dias após a emergência, foi realizado um desbaste, restando duas plantas por vaso, conduzidas até o final do experimento. A umidade dos vasos foi mantida ao redor de 70% da capacidade de campo.

No início do florescimento, no estágio R5 (Schneiter & Miller, 1981), as plantas foram colhidas e secas em estufa para a determinação da produção de matéria seca da parte aérea, do acúmulo de potássio nos tecidos (Silva, 1999) e do Índice de Eficiência Agrônômica (I.E.A.) baseado no acúmulo de potássio pelas plantas. Esse índice foi calculado pela porcentagem de potássio (K) acumulado para cada tratamento de rocha, em relação ao potássio (K) da fonte

padrão, KCl, descontando-se os valores obtidos com a testemunha de referência. Amostras de solo foram coletadas para avaliar a disponibilidade de potássio após o cultivo, utilizando-se o extrator Mehlich-1.

Os resultados foram submetidos à análise da variância, com desdobramento em cada solo para as variáveis significativas para a comparação de médias de fontes e de doses dentro de cada fonte pelo teste t para contrastes ortogonais.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A produção de matéria seca da parte aérea do girassol apresentou diferenças significativas entre os solos, sendo superiores no NQ, principalmente com a aplicação de biotita xisto, ultramáfica alcalina e KCl (**Figura 1**). Essas diferenças podem estar relacionadas às propriedades físicas dos solos, como a macroporosidade e a melhor aeração no NQ, que possibilitaram o maior desenvolvimento das raízes e beneficiaram o crescimento da parte aérea.

A resposta do girassol à adubação com K foi reduzida no LVdf, que apresentava disponibilidade inicial de potássio de $0,16 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$. A produção aumentou significativamente apenas com as aplicações de KCl, de ultramáfica alcalina e de biotita xisto na dose de 150 mg kg^{-1} de K_2O . Contudo, apenas a ultramáfica alcalina não diferiu estatisticamente do KCl. A biotita xisto proporcionou uma produção de matéria seca intermediária, enquanto a brecha alcalina, o arenito vulcânico e o carbonatito apresentaram os menores valores.

De maneira geral, houve resposta significativa à aplicação de potássio no NQ, porém as doses aplicadas proporcionaram produções equivalentes. A aplicação da Brecha alcalina resultou em quantidades significativamente

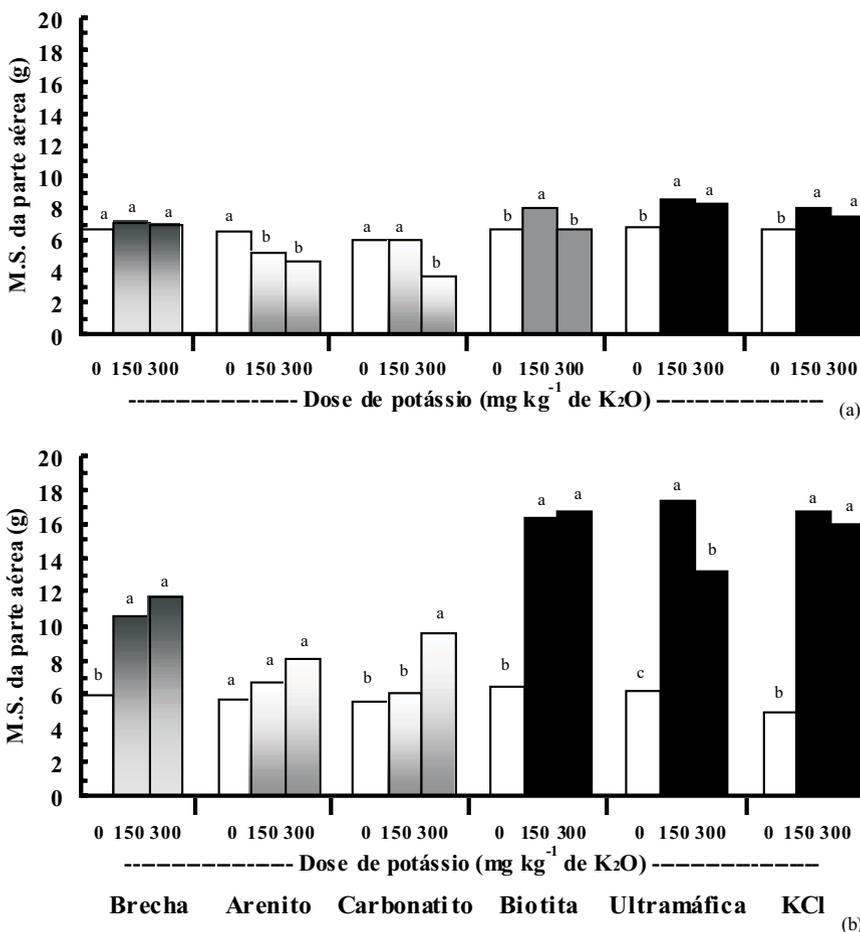


Figura 1-Produção de matéria seca (M.S.) de plantas de girassol em função de fontes e doses de potássio, em LVdf (a) e NQ (b). Cores distintas, entre fontes, e letras distintas, dentro de cada fonte, diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste t para contrastes ortogonais.

Houve resposta negativa para a maior aplicação de carbonatito no LVdf e de ultramáfica alcalina no NQ, possivelmente, pelo efeito alcalinizante dessas rochas e pelos desequilíbrios nutricionais, como a menor absorção de magnésio.

superiores em relação à ausência de adubação ou à aplicação de arenito vulcânico e carbonatito, que apresentaram reduzida influência sobre a produção de matéria seca do girassol.

Na comparação entre as fontes, houve tendência equivalente de distinção de dois grupos de eficiência de fornecimento de potássio. Em ambos os solos, os tratamentos com as rochas ultramáfica alcalina e biotita xisto foram significativamente mais produtivos que aqueles com as demais fontes.

Os teores de K nas plantas cultivadas no NQ foram menores que no LVdf, possivelmente pelo efeito de concentração promovido pela menor produção de matéria seca neste último solo. O teor e o acúmulo de K pelas plantas adubadas com as rochas foram, em ambos os solos, significativamente menores em relação ao KCl, porém diferiram entre si (**Tabela 2**).

No LVdf, com exceção dos tratamentos com brecha alcalina e arenito vulcânico, os teores de K nos tecidos foram considerados adequados, de 31 a 45 g kg⁻¹ (Blamey *et al.*, 1987; Castro & Oliveira, 2005). No NQ somente os tratamentos com carbonatito, em ambas as doses, e o KCl e a Ultramáfica alcalina na maior dose apresentaram teores considerados adequados para o girassol.

A ultramáfica alcalina e a biotita xisto proporcionaram, em ambos os solos, os maiores I.E.A. variando de 89 a 68 % no LVdf e de 83 a 56 % no NQ (**Tabela 2**), indicando viabilidade técnica para a utilização como fonte de potássio. Entretanto, a brecha alcalina e o arenito vulcânico apresentaram os menores I.E.A. e, portanto, reduzida capacidade de utilização como fonte de potássio às plantas. Em ordem decrescente, o I.E.A. de utilização do potássio das rochas

Tabela 2. Teor e acúmulo de potássio na parte aérea do girassol em função de fontes e doses de potássio, em LVdf e NQ.

fonte	dose	LVdf			NQ		
		----- K -----		I.E.A.	----- K -----		I.E.A.
	mg kg ⁻¹	g kg ⁻¹	mg/vaso	%	g kg ⁻¹	mg/vaso	%
Brecha	0	24,8Da	166Da		5,5Da	33Eb	
	150	21,7Db	153Da	2Ca	6,1Da	64Ea	9Da
	300	22,5Db	156Da	3Ca	8,1Da	96Ea	11Da
Arenito	0	24,6Cb	160Eb		5,4Da	31Ea	
	150	24,6Cb	126Ea		6,8Da	46Ea	4Da
	300	28,1Ca	128Ea		9,2Da	75Ea	7Da
Carbonatito	0	24,7Bc	148Cb		5,5Ac	31Dc	
	150	37,1Bb	220Ca	37B	32,9Ab	200Db	46Ca
	300	40,8Ba	149Cb		39,2Aa	374Da	55Ca
Biotita	0	24,6Bc	163Bb		5,5Cc	36Cc	
	150	36,0Bb	288Ba	73Aa	16,7Cb	272Cb	66Ba
	300	42,8Ba	282Ba	68Aa	23,0Ca	383Ca	56Ba
Ultramáfica	0	24,7Bc	167Bb		5,5Bc	34Bc	
	150	35,3Bb	301Ba	80Aa	19,4Bb	335Bb	83Aa
	300	38,9Ba	323Ba	89Aa	32,9Ba	434Ba	65Ab
KCl	0	24,9Ac	165Ab		5,5Ac	27Ac	
	150	42,3Ab	339Aa	100Aa	23,9Ab	399Ab	100Aa
	300	46,6Aa	344Aa	100Aa	43,2Aa	655Aa	100Aa
C.V. %		8,8	12,3		19,0	15,8	

Letras distintas, maiúsculas para a comparação de fontes e minúsculas para a comparação de doses dentro de cada fonte, diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de contrastes ortogonais.

O potássio no solo, remanescente da adubação após o cultivo do girassol, variou significativamente em função das doses e das fontes utilizadas (**Figura 2**). Com exceção do Arenito vulcânico, todas as rochas aumentaram a disponibilidade de K no solo proporcionalmente às doses aplicadas, porém com valores mais expressivos no LVdf. Os menores teores de K remanescentes após o cultivo do girassol foram verificados no NQ, que apresenta menor CTC e, portanto, menor resistência de troca de nutrientes.

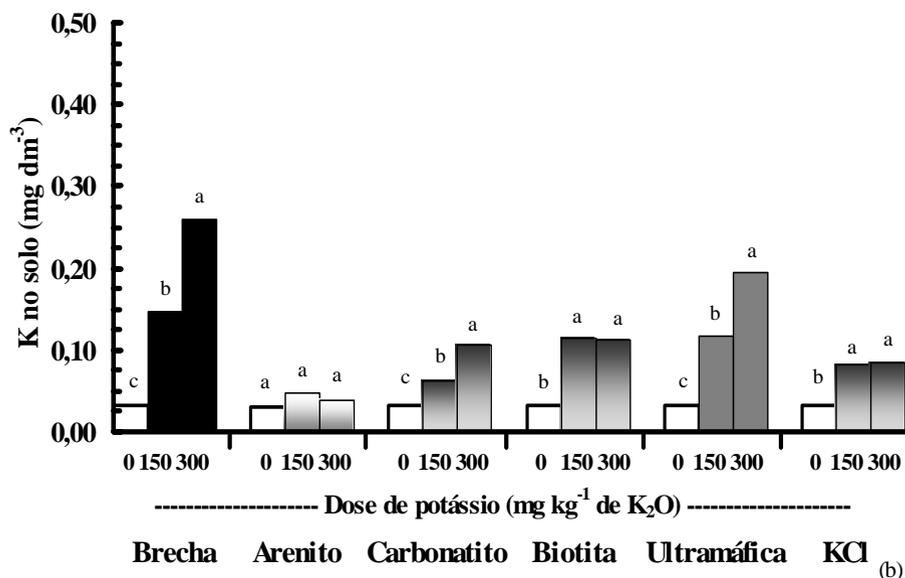
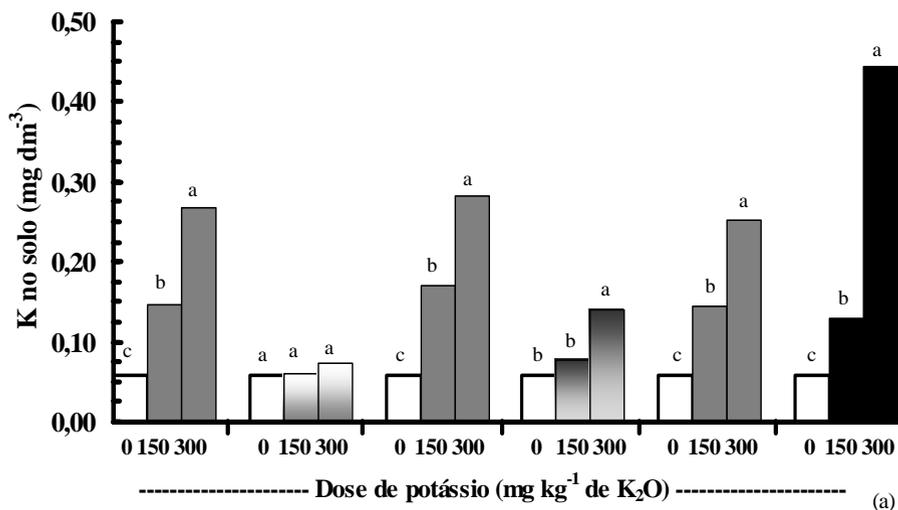


Figura 2- Teor de K no solo após o cultivo do girassol, em função de fontes e doses de potássio, em LVdf (a) e NQ (b). Cores distintas, entre fontes, e letras distintas, dentro de cada fonte, diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste t para contrastes ortogonais.

comparadas ao KCl foi: ultramáfica alcalina > biotita xisto > carbonatito > brecha alcalina > arenito vulcânico.

Particularmente, os tratamentos com KCl resultaram baixos teores de K no NQ, em função das maiores taxas de exportação do nutriente pelas plantas (**Tabela 2**), o que demonstra a maior solubilidade dessa fonte. Sendo o potássio trocável um nutriente de elevada mobilidade no solo, principalmente em solos arenosos (Borkert *et al.*, 2005) e, em condições de alta disponibilidade, sujeito a perdas por lixiviação e absorção em quantidades que caracterizam o consumo de luxo (Bataglia, 2005), as suas fontes de pronta liberação para a solução do solo, como o KCl, não garantem um efeito residual para a manutenção da sua disponibilidade, principalmente em solos de baixa CTC.

Nos solos adubados com brecha alcalina, os teores de potássio trocável no solo após o cultivo de girassol foram superestimados pelo extrator Mehlich-1, pois a eficiência de utilização do potássio pelas plantas foi reduzida demonstrando que o nutriente não estava disponível. Devido à natureza ácida deste extrator, possivelmente houve a solubilização de frações de potássio presentes na rocha não disponíveis às plantas, indicando que extratores ácidos podem não ser adequados para avaliação da biodisponibilidade de potássio em solos adubados com essa rocha.

CONCLUSÕES

As rochas podem ser divididas em grupos de eficiência quanto ao fornecimento de potássio para o girassol.

A ultramáfica alcalina e a biotita xisto apresentam os maiores potenciais de

utilização, com eficiências comparáveis ao KCl já no primeiro ano de aplicação, para doses de 150 mg kg⁻¹ de K₂O ou superiores.

O arenito vulcânico e a brecha alcalina são rochas com reduzida aptidão para utilização como fonte de potássio para o girassol, em ambos os solos avaliados.

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”. Os autores agradecem ainda ao CNPq à concessão da bolsa de Cristiane de Oliveira Veronesi.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMARAL SOBRINHO, N.M.B.; COSTA, L.M.; OLIVEIRA, C.; VELLOSO, A.C.X. (1992) Metais pesados em alguns fertilizantes e corretivos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 16, p. 271-276.
- ANDA. (2004) *Anuário estatístico do setor de fertilizantes 2003*. São Paulo: Associação Nacional para Difusão de Adubos, 158 p.
- BATAGLIA, O.C. (2005) Métodos diagnósticos da nutrição potássica com ênfase no DRIS. In: Yamada, T.; Roberts, T. (Eds.). *Simpósio sobre potássio na agricultura brasileira*. 2. 2004 São Pedro. *Anais*. Piracicaba: POTAFOS. Artigos p. 321-341.
- BLAMEY, F.P.C.; EDWARDS, D.G.; ASHER, C.J. (1987) *Nutritional disorders of sunflower*. Queensland: University of Queensland. Department of Agriculture. 72p.
- BORKERT, C.M.; CASTRO, C. de; OLIVEIRA, F.A. de; KLEPKER, D.; OLIVEIRA JÚNIOR,

- A. de.(2005) O potássio na cultura da soja. In: YAMADA, T. e ROBERTS, T. L. (Ed.). *Potássio na agricultura brasileira*. Piracicaba: POTAFOS. p. 671-722.
- 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.
- LAZZAROTTO, J.J.; ROESSING, A.C.; MELLO, H. C. (2005) O agronegócio do girassol no mundo e no Brasil. In: LEITE, R.M.V.B.C.; BRIGHENTI, A.M.; CASTRO, C. (Ed.). *Girassol no Brasil*. Londrina: Embrapa Soja, p. 15-42.
- 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.
- LOPES, A.S. (2005) Reservas de minerais potássicos e produção de fertilizantes potássicos no Brasil. In: YAMADA, T. e ROBERTS, T. L. (Ed.). *Potássio na agricultura brasileira*. Piracicaba: POTAFOS. p. 21-32.
- MADELEY, P.H.C. (1999) *Soil Remineralisation*. 48f. Dissertation. - Manchester Metropolitan University, Manchester.
- OLIVEIRA, F.A.; CASTRO, C.; FRANCHINI, J.C.; TORRES, E. (2005) Manejo do solo. In: LEITE, R.M.V.B.C.; BRIGHENTI, A.M.; CASTRO, C. (Ed.). *Girassol no Brasil*. Londrina: Embrapa Soja, p. 299-316.
- SCHNEITER, A.A.; MILLER, J.F. (1981) Description of sunflower growth stages. *Crop Science*, Madison, v.21, p.901-903.
- 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.
- 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.