

Espaço & Geografia, Vol.9, Nº 1 (2006), 117:133

ISSN: 1516-9375

A Nacional

LIBERAÇÃO DE K PELO FLOGOPITITO, ULTRAMÁFICA E BRECHA EM UM LATOSSOLO AMARELO DOS TABULEIROS COSTEIROS

Lafayette Franco Sobral¹, Robinson Cruz Fontes Junior¹, Robson Dantas Viana¹, Éder de Souza Martins²

¹Embrapa Tabuleiros Costeiros
Avenida Beira Mar, 3250, 49025-040 Aracaju Sergipe
{lafayette, robin, robson}@cpac.embrapa.br

²Embrapa Cerrados
BR 020, Km 18, Caixa Postal 08223, CEP 73301-970 Planaltina - DF,
eder@cpac.embrapa.br

Recebido 30 de março de 2006, revisado 15 de maio, aceito 12 de julho

Resumo - Para estudar a liberação de K por rochas silicáticas em um Latossolo Amarelo dos Tabuleiros Costeiros, foram instalados um experimento de incubação em laboratório e um experimento em casa de vegetação onde foram cultivadas as culturas da soja e do milho. Ambos os experimentos foram conduzidos com e sem calagem. No experimento de incubação a liberação de K diminuiu com o tempo e ultramáfica liberou mais potássio que a brecha e o flogopitito. Nos experimentos em vasos, não foi observado efeito das rochas na matéria seca da soja, tendo sido observado efeito na matéria seca das raízes, o qual pode estar associado ao teor de cálcio nas rochas. Foi observado efeito significativo das rochas na parte aérea do milho. O índice de eficiência agrônômica calculado com base no K acumulado pelo milho, variou com as doses e foram maiores para a ultramáfica e menores para o flogopitito.

Palavras Chave: Rocha moída, fontes de potássio, solos baixos em potássio.

Abstract - Potassium dissolution from phlogopitite, breccia and ultramaphic, was studied in a laboratory incubation and in a greenhouse experiment, with soybeans and millet as a sequential crop, with and without liming, in an Oxisol from Brazilian Coastal Tablelands. In the laboratory incubation experiment, K release decreased with time and the ultramaphic

released more potassium than breccia and phlogopite. In the greenhouse experiment, it was not observed effect of the rocks on the dry matter of the aerial part of the soybean, but it was observed in the roots dry matter, which could be associated to the rocks calcium content. A significant effect was observed on the aerial part of the millet. The agronomic efficiency index based on the K accumulated by the millet changed with K doses and it was higher for ultramaphic and lower for phlogopite.

Keywords: Ground rocks, potassium source, low potassium soils.

INTRODUÇÃO

O Brasil importa cerca de noventa por cento do potássio utilizado em sua agricultura, com impacto nas contas externas. Fontes alternativas de potássio são importantes não somente para diminuir a dependência externa, como também para a agricultura orgânica a qual não admite o uso do cloreto de potássio, como fonte do nutriente. A ocorrência de rochas silicáticas contendo minerais como flogopita, biotita, e feldspatoides potássicos, abre oportunidades para a utilização do pó de rocha como fonte alternativa de potássio para a agricultura Brasileira.

A Unidade de Paisagem tabuleiros costeiros são formações terciárias que ocorrem desde o Amapá até o Rio de Janeiro. São planícies com elevações de 30 a 150 metros acima do nível do mar, limitando-se a oeste com morros do cristalino e a leste com a baixada litorânea. Os solos predominantes dos tabuleiros costeiros são os Latossolos Amarelos e os Argissolos Amarelos. Estes solos apresentam alto grau de intemperismo e como resultado, baixos teores de minerais primários. Na fração areia predomina o quartzo enquanto na fração argila predomina a caulinita (Sobral, 1984; Jacomine, 1996), cuja capacidade de troca

é estimada em $100 \text{ mmolc kg}^{-1}$ considerada baixa. Em adição, as chuvas nos tabuleiros concentram-se em no máximo seis meses por ano, aumentando o potencial de lixiviação do K quando aplicado via KCl.

Nestes solos o teor de K é baixo e produtividades economicamente viáveis somente poderão ser obtidas com a aplicação do nutriente (Sobral *et al.* 1974). Repostas a aplicação de potássio pelas culturas da mandioca, amendoim, laranja e cana-de-açúcar foram descritas por Sobral *et al.* (2005).

Experiências pioneiras na utilização de rochas potássicas em solos dos tabuleiros na cultura da cana de açúcar foram reportadas por Haynes (1970).

Ribeiro *et al.* (2006) observaram que as rochas ultramáfica e brecha contribuíram para o aumento do K trocável em um Latossolo Amarelo, bem como do fósforo e do sódio, enquanto que a ultramáfica contribuiu para o aumento do pH e da saturação por bases.

Machado *et al.* (2005) concluíram que dentre os atributos químicos de um Latossolo Vermelho distrófico argiloso dos cerrados do Brasil, os teores de K, Ca, Mg a acidez potencial e o pH foram os mais influenciados pelas rochas brecha alcalina, ultramáfica alcalina e biotita xisto. Os autores observaram também que o aparente efeito residual de K das rochas quando mensurado pelo extrator Mehlich 1 pode está relacionado ao mecanismo de atuação do extrator que é a dissolução ácida, pois o K absorvido pela soja e pelo milho foi maior quando a fonte foi o KCl embora o K no solo neste tratamento tivesse sido menor que nos tratamentos que receberam as rochas.

Resende *et al.* (2005) observaram que os nutrientes contidos nas rochas não

foram suficientes para promover um crescimento adequado da soja e do milho e que corrigida a acidez e supridos os demais nutrientes, o K provido pelas rochas foi suficiente para promover o crescimento das citadas culturas.

O objetivo do trabalho foi estudar a liberação de K pelas rochas flogopitito, brecha e ultramáfica em um Latossolo Amarelo dos tabuleiros costeiros.

MATERIAL E MÉTODOS

O solo utilizado no experimento foi um Latossolo Amarelo, coletado na Estação Experimental Antônio Martins – Lagarto, SE, cujos atributos químicos são mostrados na **Tabela 1**. A amostra foi coletada na profundidade 0-20 cm seca ao ar e passada em peneira de 2 mm e sua composição granulométrica por kg de solo é composta de 813,2 g de areia, 116,8 g de silte e 70,0 g de argila.

Tabela 1 - Atributos químicos do Latossolo Amarelo utilizado no experimento.

	pH	Al ³⁺	H+Al	Ca	Mg	K	CTC
					mmol _c dm ⁻³		
AM - 1	5,4	2,0	26,0	1,78	1,69	0,6	30,3
AM - 2	5,4	2,2	23,0	1,90	1,82	0,5	27,3
AM - 3	5,3	2,2	28,0	1,72	1,73	0,6	32,0
Média	5,36	2,1	25,8	1,80	1,70	0,6	29,9

Foram utilizadas as rochas flogopitito, brecha e ultramáfica, com granulometria menor que 0,3 mm, cuja composição química é mostrada na **Tabela 2**.

Tabela 2 - Teores totais de K, Ca, Mg, Na e P nas rochas utilizadas.

Rocha	K	Ca	Mg	Na	P
-----dag kg ⁻¹ -----					
Flogopitito	4,78	3,31	10,37	0,15	0,04
Brecha	4,15	7,90	5,52	0,40	0,37
Ultramáfica	2,73	9,24	12,66	1,76	0,49

O experimento de incubação foi realizado utilizando vasos contendo 0,5 Kg de solo, em esquema fatorial (3x2x10), com três rochas, flogopitito, brecha e ultramáfica, com e sem calcário e com dez épocas de amostragem (15, 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210, 240 e 270 dias). O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado com três repetições. Foi utilizada a dose de 100 mg de K kg⁻¹ de solo, com base no teor total de K das rochas (**Tabela 2**). Ao fatorial foram adicionados mais dez tratamentos extras, referente a dez épocas de amostragem do solo, incubado somente com umidade equivalente a 70% da água retida a 0,1 atm, critério também usado nos demais tratamentos. O cálculo da necessidade de calcário foi realizado através do método da saturação por bases, tendo-se como meta alcançar uma saturação de 50%. Como corretivo, foi utilizada uma mistura de CaCO₃ e MgCO₃ p.a. na proporção de 3:1. Ao término de cada período de incubação, o solo foi removido dos vasos, homogeneizado e amostras foram coletadas para análise.

O experimento em casa-de-vegetação com as culturas da soja e do milho em cultivo contínuo, foi instalado em esquema fatorial com dois níveis de calagem, quatro fontes de K (Flogopitito, Brecha, Ultramáfica e KCl como referência) e quatro níveis de K (50, 100, 150 e 200 mg K dm⁻³ de solo) também calculados

com base no teor total de K das rochas (**Tabela 2**). O critério de calagem e o corretivo foram os mesmos utilizados no experimento de incubação.

Foram utilizados vasos com 2 kg de solo. Nos tratamentos com calcário o mesmo foi adicionado juntamente com as rochas e homogeneizado. Em todos os tratamentos, foram aplicados 50 mg de P na forma de fosfato monocálcico. Após um período de incubação de quarenta e cinco dias, o solo foi removido dos vasos, homogeneizado e uma amostra foi coletada. Sementes de soja da variedade BRS Tracajá foram inoculadas e semeadas, deixando-se, após a emergência, quatro plantas por vaso. Durante o período de crescimento da soja, 300 mL de uma solução nutritiva contendo todos os nutrientes exceto N e K foram adicionados em doses de 100 mL por vaso cada. Cinquenta dias após a semeadura, a parte aérea da soja foi colhida e as raízes foram separadas do solo. Após homogeneização, o solo foi amostrado e retornado aos vasos para a semeadura do milho. Após a emergência das plantas, foi realizado o desbaste, deixando-se 08 plantas por vaso, as quais foram colhidas trinta dias depois do plantio. Durante o período de crescimento do milho foi utilizada a mesma solução nutritiva, porém com N a qual foi aplicada semanalmente na dose de 100mL por vaso.

As partes aéreas e as raízes da soja e do milho foram secas em estufa com circulação de ar a 70° C para a determinação da produção de matéria seca. Uma amostra do material seco, foi moída e digerida com uma mistura de ácidos nítrico e perclórico sob aquecimento, determinando-se no extrato, o teor de K. Em uma outra amostra o N foi determinado pelo método do Kjeldhal (Silva, 1999).

Liberação de K pelo Flogopitito, Ultramáfica e Brecha em um Latossolo 123

Nas amostras de solo coletadas nos experimentos de incubação e de casa-de-vegetação, foi determinado o pH(H₂O), o K e o Na foram extraídos com o Mehlich-1 e o Ca⁺² e o Mg⁺² com o KCl 1 mol L⁻¹. Todos os elementos foram determinados por absorção atômica (Silva, 1999).

Para determinação do K pelo acetato de amônio, cinco gramas de solo foram transferidos para tubos de centrífuga e 25 mL de NH₄OAc 1 M foram adicionados. O sobrenadante de duas centrifugações sequenciais a 2000 rpm por dez minutos, foi transferido para balão volumétrico de 50 mL e o K em solução foi determinado por absorção atômica (Helmke & Sparks, 1996).

O IEA- Índice de eficiência agrônômica foi calculado pela fórmula : $IEA = [(K_{AcumRocha} - K_{AcumTest}) / (K_{AcumKCl} - K_{AcumTest})]$ onde: K_{AcumRocha}- é o K acumulado no tratamento que recebeu a rocha; K_{AcumTest} é o K acumulado no tratamento sem K e K_{AcumKCl} é o K acumulado no tratamento com KCl. Para encontrar a dose onde a eficiência agrônômica seria melhor estimada, foi ajustada uma equação de regressão entre doses e matéria seca ou K acumulado. Quando o melhor ajuste foi quadrático calculou-se o ponto de máxima e o índice de eficiência agrônômica foi considerado na dose mais próxima do ponto de máxima. Quando a relação foi linear, o IEA foi considerado na dose 200 mg K kg⁻¹.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na **Figura 1** é apresentada a liberação de K pelas rochas flogopitito, brecha e ultramáfica no experimento de incubação, estimada através de extração com o Mehlich-1. Os padrões de liberação de K do flogopitito e da ultramáfica em função do tempo foram semelhantes, enquanto que o modelo de liberação de K

pela brecha não pôde ser estabelecido (**Figura 1**). A forma como o K ocorre nas três rochas pode ter influenciado no padrão de liberação. Em experimentos de incubação onde o K liberado não é removido da solução, o processo de liberação de K é limitado. Em cada época de amostragem, os vasos eram removidos do experimento e o solo após homogeneização era amostrado para análise. Assim aos trinta dias, o K liberado refere-se ao K liberado de zero a quinze dias mais o K liberado de quinze a trinta dias e assim por diante. Observa-se também um decréscimo da liberação de K em função do tempo. O K liberado pelas rochas, pode ter reagido com anions provenientes da dissociação de sais liberados do solo, durante o período de incubação. Na **Figura 2** são mostrados os acúmulos de Ca, Mg e Na no solo incubado somente com umidade. O poder de neutralização da ultramáfica aumentou o pH do solo durante o período de incubação, (**Figura 3**) o que pode ter diminuído o poder de extração do Mehlich-1, cujo mecanismo é a dissolução ácida. Mesmo assim, a ultramáfica liberou mais K que a brecha e esta, mais que o flogopitito.

No experimento em vaso com a cultura da soja, não foi observado efeito significativo das fontes e doses na matéria seca da parte aérea. No solo utilizado o teor de matéria orgânica é baixo e a insuficiente fixação de N pela soja, pode ter limitado o suprimento em N e o crescimento da mesma, embora tenha havido inoculação. Entretanto, foi observado efeito significativo das fontes e do calcário no crescimento radicular da soja. O cálcio está relacionado ao crescimento radicular e a presença deste nutriente nas rochas, parece ter influenciado no crescimento radicular da soja (**Figura 4**).

Liberação de K pelo Flogopitito, Ultramáfica e Brecha em um Latossolo 125

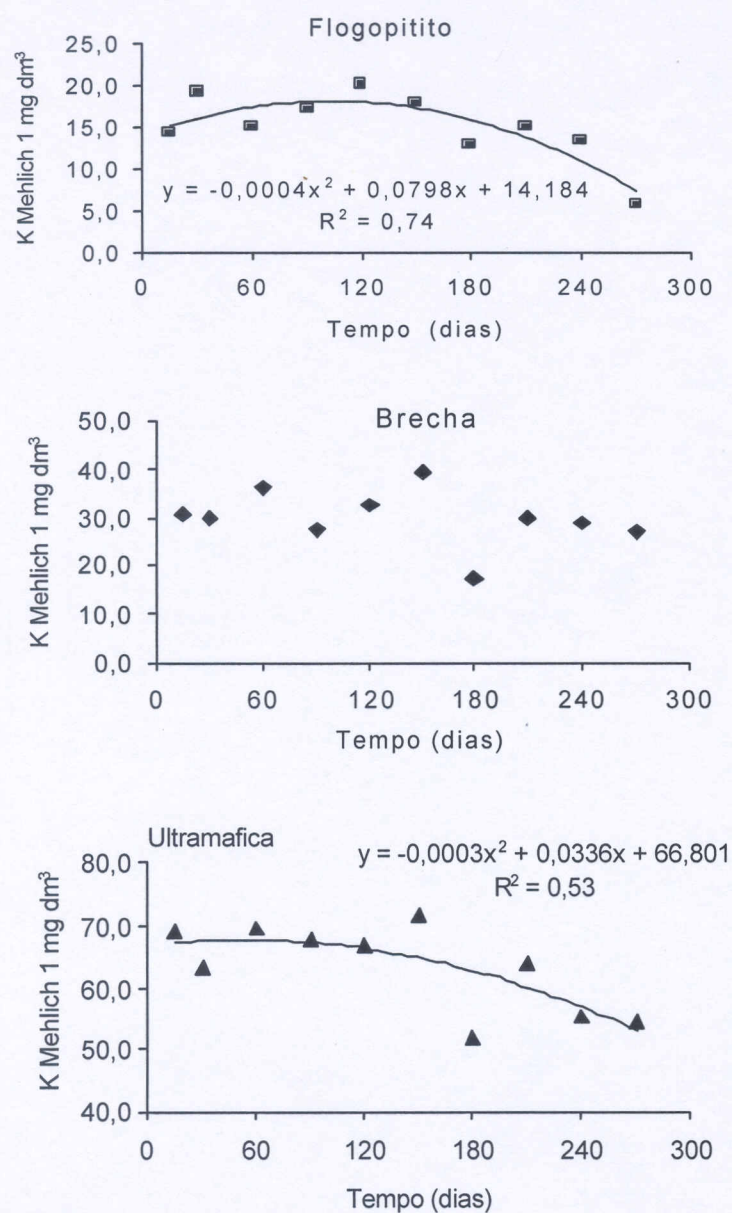


Figura 1 - Potássio liberado pelas rochas flogopitito, brecha e ultramáfica estimadas através de extração com o Mehlich 1.

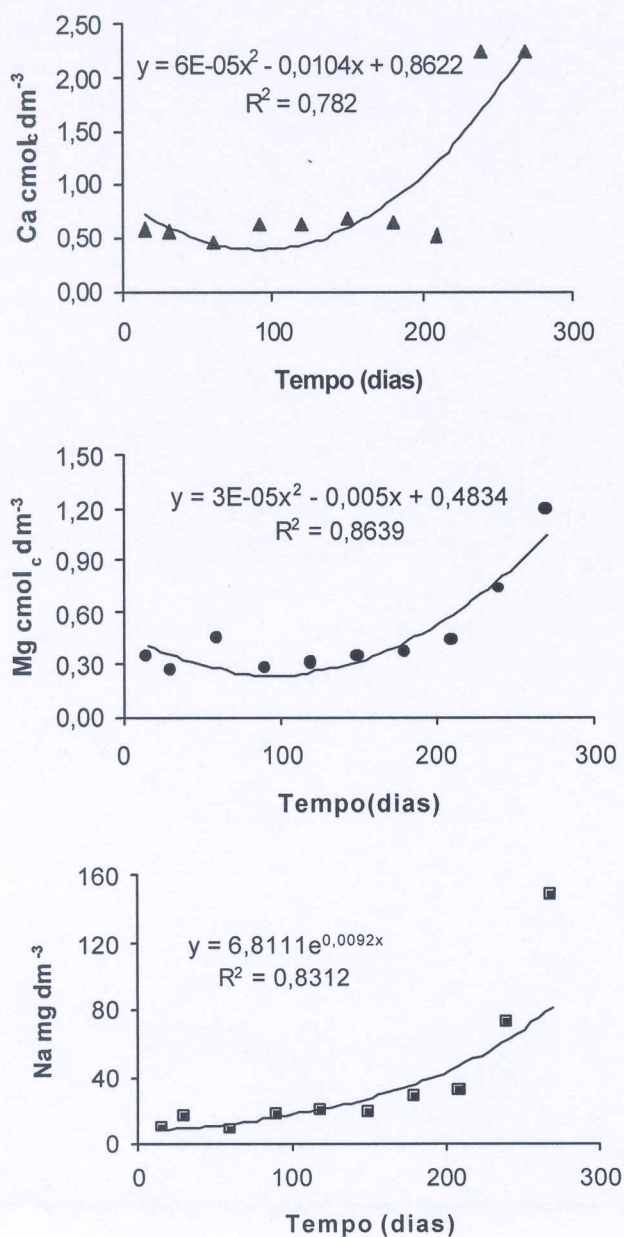


Figura 2 - Acúmulo de Ca Mg e Na no solo, durante o período de incubação.

Liberação de K pelo Flogopitito, Ultramáfica e Brecha em um Latossolo 127

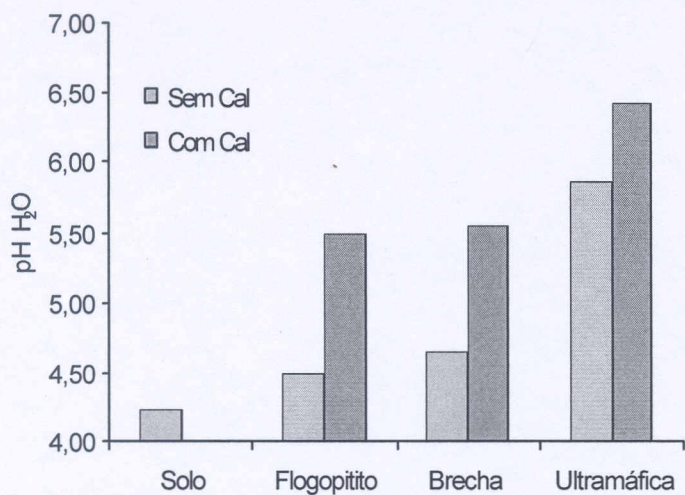


Figura 3. Influência das rochas no pH do solo durante o período de incubação

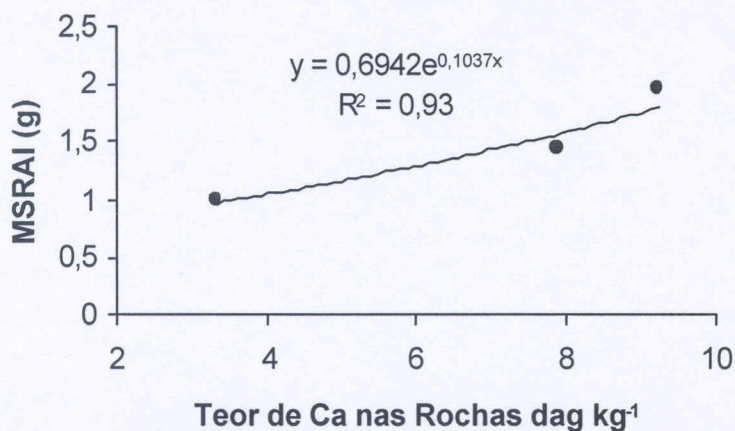


Figura 4 - Relação entre o teor de cálcio nas rochas e o crescimento radicular da soja.

Os índices de eficiência agrônômica do flogopitito e da brecha, calculados com base no K acumulado pela soja, foram negativos ou baixos em função da

deficiência de N. Na **Figura 5** é mostrado o efeito da calagem no comportamento do IEA da ultramáfica em relação às doses de K. Observa-se que no tratamento com calcário, o IEA decresceu com as doses de K e que no tratamento sem calcário, uma equação polinomial quadrática foi a que melhor ajustou-se. De acordo com a metodologia de cálculo do IEA, o mesmo seria considerado na dose 100, dose mais próxima dos pontos de máxima das equações polinomiais ajustadas a relação entre doses de K e o K acumulado pela soja. A melhor estimativa do IEA no tratamento sem calagem é 32,95 % enquanto que no tratamento com calagem 31,39 %. Observa-se que embora o comportamento do IEA em relação as doses de K tenham sido diferentes em função da calagem, os índices calculados estão próximos. A deficiência de N, também deve ter sido a causa dos baixos índices de eficiência agrônômica da ultramáfica.

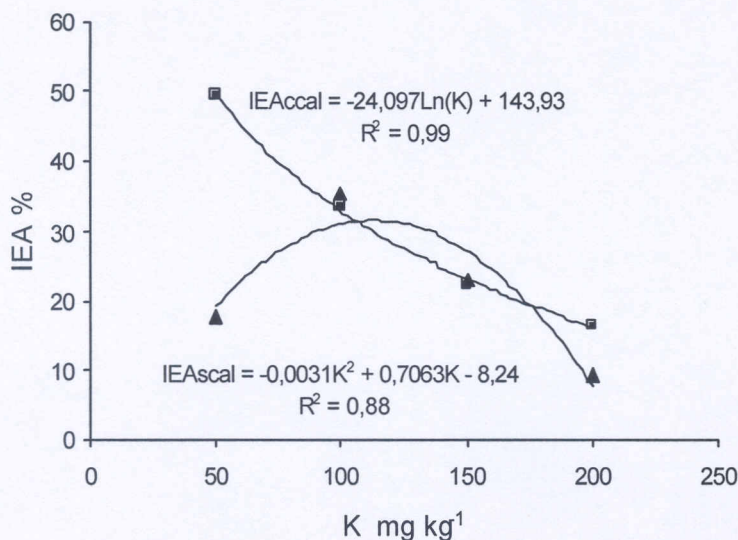


Figura 5. Relação entre os índices de eficiência agrônômica da ultramáfica em relação ao KCl calculados com base no K acumulado pela soja, com e sem calcário e os níveis de K.

Tanto o extrator Mehlich-1 (Figura 6) quanto o extrator acetato de amônio (Figura 7) foram capazes de diferenciar o potássio solubilizado pelas três rochas nos tratamentos com e sem calagem. Entretanto, observa-se que enquanto no Mehlich-1 a ordem de extração foi ultramáfica > brecha > flogopitito, no acetato, a ordem de extração foi ultramáfica > flogopitito > brecha.

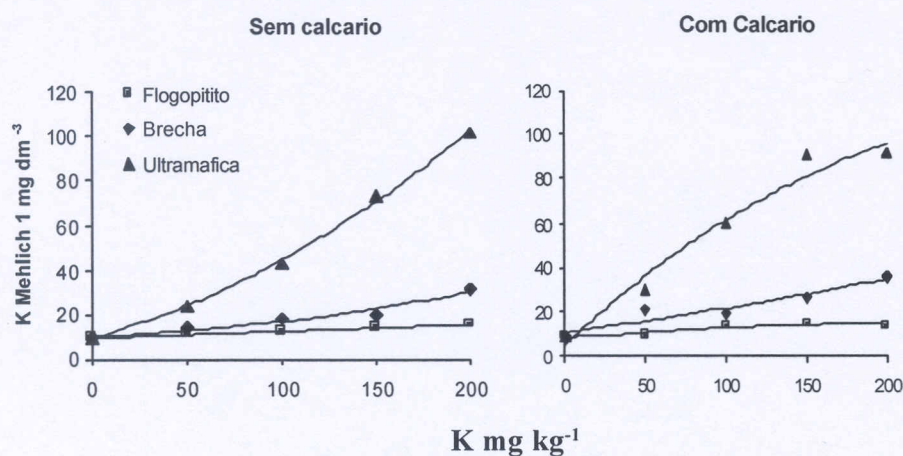


Figura 6 – Potássio extraído pelo Melich-1 nos tratamentos com e sem calcário.

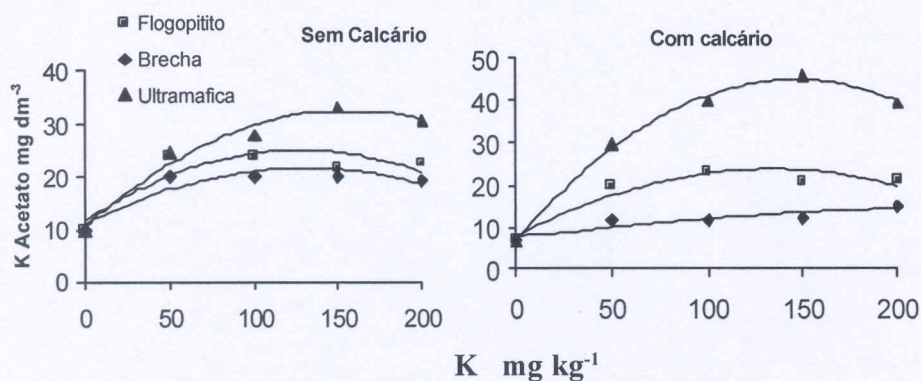


Figura 7 - Relação entre o K adicionado via flogopitito, brecha e ultramáfica e o K estimado pelo acetato de amônio.

Os coeficientes de correlação entre o K acumulado pela soja e o K extraído com o Mehlich-1 foram significativos apenas para o flogopitito com calagem ($r=0,558^*$) e para a brecha sem calagem ($r=0,716^*$). Os coeficientes de correlação para o extrator acetato de amônio não foram significativos.

Foram observados efeitos significativos de fontes, doses e calcário tanto na matéria seca da parte aérea do milho quanto no K acumulado pela planta. O IEA das rochas foi calculado com base no K acumulado pelo milho e variou com as doses. Foi observado que em doses onde o K é limitante, a eficiência agrônoma da rocha é superestimada, conforme é mostrado na **Tabela 3**. Para o flogopitito, a relação entre doses de K e a produção de matéria seca foi linear. De acordo com a metodologia proposta, a melhor estimativa dos IEAs do flogopitito para os tratamentos sem e com calcário seriam 6,13 e 19,82% respectivamente. Para a brecha sem calcário, a relação entre doses de K e a produção de matéria seca foi linear, e uma melhor estimativa do IEA é 17,72 % . Para a brecha, com calcário o ponto de máxima esta próximo da dose 150 mg K kg⁻¹ e a melhor estimativa do IEA é 22,83 %. Para a ultramáfica a relação foi linear e a melhor estimativa dos IEAs é obtida na dose 200 mg K kg⁻¹ para os tratamentos sem e com calcário, cujos valores são 66,18 e 55,00 % respectivamente (**Tabela 3**).

Os coeficientes de correlação entre o K acumulado pelo milho e o K extraído com os extratores Mehlich-1 e acetato de amônio, são mostrados na **Tabela 4**. O Mehlich 1 foi mais consistente em estimar o K liberado pelas três rochas. No flogopitito e na ultramáfica, houve uma diminuição do coeficiente de correlação no tratamento com calagem. A calagem aliada ao poder de

neutralização da ultramáfica, atenuou o poder de extração do extrator, cujo mecanismo de atuação é a dissolução ácida. Entretanto, o mesmo não foi observado na brecha. O extrator acetato de amônio foi menos consistente que o Mehlich 1 em estimar o K liberado pelas rochas. O acetato de amônio atua através do mecanismo de troca catiônica. Como grande parte do K nas rochas está na estrutura, a dissolução ácida parecer ser o melhor mecanismo para estimar a liberação de K.

Tabela 3 - Índices de eficiência agrônômica das rochas calculados com base no K acumulado pelo milho.

	Flogopitito		Brecha		Ultramáfica	
	Sem calagem	Com calagem	Sem calagem	Com calagem	Sem calagem	Com calagem
	%					
50	91,83	178,42	482,69	197,94	146,15	290,07
100	19,40	140,69	110,80	67,71	95,59	191,12
150	8,68	21,49	37,29	22,83	59,70	152,74
200	6,13	19,82	17,72	13,53	66,18	55,00

Tabela 4. Coeficientes de correlação entre o K estimado pelo Mehlich 1 e o acetato de amônio e o K acumulado pelo milho.

Rocha	Mehlich 1		Acetato de Amônio	
	Sem calagem	Com calagem	Sem calagem	Com calagem
Flogopitito	0,754**	0,547 ^{ns}	0,317 ^{ns}	0,247 ^{ns}
Brecha	0,216 ^{ns}	0,659*	0,006 ^{ns}	0,544 ^{ns}
Ultramáfica	0,938**	0,793**	0,281 ^{ns}	0,651*

CONCLUSÕES

A liberação de K diminuiu com o tempo e a ultramáfica liberou mais potássio que a brecha e o flogopitito.

O índice de eficiência agronômica calculado com base no K acumulado, variou com as doses de K e foram maiores para a ultramáfica e menores para o flogopitito.

O Mehlich-1 foi mais consistente em estimar o K liberado pelas rochas.

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

- HAYNES, J. L. (1970) **Uso agrícola dos tabuleiros costeiros do nordeste do Brasil**. Um exame das pesquisas. Recife, SUDENE, 139 p.
- HELMKE, P.A. ; SPARKS, D. L. (1996) Lithium, sodium, potassium, rubidium and cesium.. In: **Methods of soil analysis**. Part 3 – Chemical Methods. Wisconsin, USA, American Society of Agronomy, p. 551-574.
- MACHADO, C.T.T.; RESENDE, A.V.; MARTINS, E.S.; SOBRINHO, D.A.S.; NASCIMENTO, M.T.; FALEIRO, A.S.G; LINHARES, N.W.; SOUZA, A.L.; CORAZZA, E.J. (2005) Potencial de rochas silicáticas no fornecimento de potássio para culturas anuais: II. Fertilidade do solo e suprimento de outros nutrientes. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 30, 2005, Recife. **Anais...**, CDROM. Recife, Sociedade

Liberação de K pelo Flogopitito, Ultramáfica e Brecha em um Latossolo 133

Brasileira de Ciência do Solo.

RESENDE, A.V.; MACHADO, C.T.T.; MARTINS, E.S.; NASCIMENTO, M.T.; SOBRI-
NHO, D.A.S.; FALEIRO, A.S.G.; LINHARES, N.W.; SOUZA, A.L.; CORAZZA, E.J.
(2005) Potencial de rochas silicáticas no fornecimento de potássio para culturas
anuais: II. Respostas da soja e do milho. In: Congresso Brasileiro de Ciência do
Solo, 30, 2005, Recife. **Anais...**, CDROM. Recife, Sociedade Brasileira de Ciência do
Solo.

RIBEIRO, L.S.; SANTOS, A.R.; SOUZA, L. F. DA S.; MAGALHÃES, A.F. J.; SOUZA,
J.S. (2006) Alterações químicas de um Latossolo Amarelo causado por rochas
silicáticas. In: Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo, 16, 2006, Aracaju,
Sergipe, **Anais ...**, CDROM. Aracaju, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo.

SILVA, F. C. da. (Org). (1999) **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizan-
tes**. Brasília, DF, Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 370 p.

SOBRAL, L.F.; RIBEIRO, J.V.; SOUZA, L.F. da; MAGALHÃES, A.F. de J.; SAMPAIO, J.
de V. (1974) **Avaliação preliminar da fertilidade dos solos dos tabuleiros costeiros
sul Estado de Sergipe**. Aracaju, SUDAP, 1974.

SOBRAL, L.F. (1984) **Phosphorus availability as influenced by chemical and
mineralogical properties of Sergipe State Soils**. College Station Texas, USA, Texas
A&M - University, 1984. (PhD Dissertation).

SOBRAL, L.F. ; SOUZA, L.F. da S. ; MAGALHÃES, A.F. de J. ; SILVA, J.U.B. ; LEAL, M.
de L. da S. (2000) Resposta da laranja-Pêra à adubação com nitrogênio, fósforo e
potássio em um Latossolo Amarelo dos tabuleiros costeiros. *Pesq. agrop. bras.* 35:
307-312.

SOBRAL, L.F. (2005) A fertilidade dos solos dos tabuleiros costeiros. In: Congresso
Brasileiro de Ciência do Solo, 30, 2005, Recife. **Anais...**, CDROM. Recife, Sociedade
Brasileira de Ciência do Solo.

EMBRAPA	
TABULEIROS COSTEIROS	
Valor	
Data	07/08/2008
Fornecedor	autor
Origem	RES
Nº Registro	SP 4680

Anfo
39652

EMBRAPA	
TABULEIROS COSTEIROS	
Av. Beira Mar, 3.250	
Caixa Postal 44	
Aracaju / SE 49025 - 040	
sac@cpatc.embrapa.br	