

DISPONIBILIDADE DO POTÁSSIO DO SIENITO NEFELÍNICO DE POÇOS DE CALDAS, AVALIADA EM CULTIVOS SUCESSIVOS COM MILHO¹

J.O. SIQUEIRA, GERALDO A.A. GUEDES² e MARCO A.V. RIBEIRO³

RESUMO - A disponibilidade do potássio da rocha potássica de Poços de Caldas (sienito nefelínico) foi estudada em condições de casa de vegetação através de cultivos sucessivos com milho cultivado em Latossolo Vermelho-Escuro (LVE) e Terra Roxa Estruturada (TRE), com presença ou ausência de calagem. A aplicação de KCl mostrou respostas significativas na produção de matéria seca, independentemente da calagem. Estas respostas foram lineares e mais acentuadas no LVE do que na TRE, na qual, doses de KCl maiores que 200 ppm reduziram a produção de matéria seca. Após o primeiro cultivo, a produção de matéria seca foi muito pequena, e isto parece ser devido ao esgotamento do K disponível no solo. A rocha potássica exerceu pouco efeito na produção de matéria seca, mostrando efeito positivo apenas no LVE na dose de 300 ppm de K na presença de calagem. O reduzido efeito da rocha foi devido à sua baixa capacidade de fornecer potássio, mesmo no terceiro cultivo, conforme mostram os dados de absorção de potássio pela planta. Os dados obtidos confirmam os estudos já realizados com a utilização de extratores químicos em laboratório, e mostram a baixa disponibilidade do potássio desta rocha para o milho. A rocha potássica "in natura" não se presta como fertilizante potássico para o milho.

Termos para indexação: rocha potássica, matéria seca, fertilizante potássico.

AVAILABILITY OF THE POTASSIUM OF NEPHELINE SIENITE FROM POÇOS DE CALDAS, EVALUATED THROUGH SUCCESSIVE CROPPINGS WITH CORN

ABSTRACT - The availability of K of the potassium rock (nepheline sienite) from Poços de Caldas was studied under greenhouse conditions through successive croppings using corn plants grown in Dark Red Latosol (DRL) and "Terra Roxa Estruturada" (TRE) in presence and absence of liming. Addition of KCl showed significant effects on dry matter yields, regardless of liming. This response was linear and higher in LVE than in TRE. KCl doses greater than 200 ppm of K reduced dry matter production in TRE. After the first cropping, dry matter yields were drastically reduced and this seems to be due to the depletion of available K in the soil. The potassium rock had little effect on corn growth, but when it was applied at rate of 300 ppm of K, significant positive response in dry matter accumulation was found for DRL with liming. The reduced effect of this rock is due to its low K-supplying capacity even by the third cropping, as shown by the total K absorption by the plant. These data support earlier studies using chemical extractors in the laboratory and show the low availability of the K from this rock to corn plants. It is suggested that potassium rock "in natura" can not be used as potassium source for corn.

Index terms: potassium rock, dry matter, potassium fertilizer.

INTRODUÇÃO

A grande maioria dos solos brasileiros apresenta a fração argila dominada por caulinita, gibbsita e goethita, ao passo que frações mais grosseiras (limo e areia) são dominadas por quartzo, caulinita e materiais amorfos que são indicativos do alto grau de intemperização e baixo potencial de reserva de potássio (K) destes solos (Lopes 1982). Solos

com predominância de montmorilonita, feldspatos e micas podem ocorrer em casos isolados, mas estes, normalmente, são de pouca importância para a agricultura brasileira. As condições de solo, associadas ao clima e à exigência das culturas, fazem com que o fertilizante potássico seja o segundo mais utilizado no Brasil, que se enquadra entre os três países maiores importadores desse nutriente no mundo (Valarelli & Guardani 1981). O cloreto de potássio representa 95% do consumo de fertilizantes potássicos, e esta demanda é inteiramente atendida por importações, que atingiram 1,8 milhão de toneladas em 1980, a um preço médio de US\$ 259,30 por tonelada (Tavora 1982).

Desta forma, medidas para atenuar dispêndios em divisas com importação de cloreto de potássio

¹ Aceito para publicação em 2 de janeiro de 1985. Trabalho de iniciação científica do primeiro autor com bolsa do CNPq e Mineração Curimbaba de Poços de Caldas, MG.

² Eng. - Agr., Ph.D., Prof. - Adjunto III, Depart. de Ciência do Solo, ESAL, Caixa Postal 37, CEP 37200 Lavras, MG.

³ Eng. - Agr., M.Sc., Prof. - Assistente IV, Depart. de Ciência do Solo, ESAL.

são de grande importância para a estabilização econômica do País. A exploração das poucas jazidas de sais solúveis de potássio já encontradas no Brasil, além de apresentar problemas de ordem técnica, não será suficiente para suprir a demanda nacional, conforme mencionado por Tavora (1982).

Dada a importância estratégica desse nutriente para a agricultura brasileira, toda fonte em potencial de K deve ser estudada visando ao seu possível aproveitamento agrônomico (Valarelli & Guardani 1981). Tal é o caso das rochas potássicas (sienito nefelínico), que ocorrem na região de Poços de Caldas, MG, e que têm sido mencionadas como viáveis para uso agrônomico como fertilizante potássico "in natura", ou como matéria-prima para a obtenção de sais solúveis de K (Fraya 1950, Ilchenko & Guimarães 1953, Carvalho 1965, Siqueira & Guedes 1977 e Valarelli & Guardani 1981). São rochas alcalinas, insaturadas em sílica, dominadas por feldspatos potássicos (nefelina e egerina), que resultaram de alteração hidrotermal, com profundas modificações nas composições químicas e mineralógicas (Ellert 1959). Sondagens realizadas pela NUCLEBRÁS e pelo DNPM estimam em 350 milhões de toneladas de K_2O citado por Valarelli & Guardani (1981), constituindo uma das maiores reservas de K no Brasil, com localização estratégica em relação à demanda de fertilizantes potássicos.

Estudos pioneiros de Ilchenko & Guimarães (1953), Catani & Gallo (1960) e Siqueira & Guedes (1977) mostraram a baixa solubilidade dessa rocha, o que sugere sua baixa eficiência como fonte de K para as plantas. Estas informações estimularam pesquisas para verificar a adequabilidade de processos físicos, químicos e biológicos visando à solubilização do K de modo a torná-lo mais assimilável pelas plantas. Estas pesquisas envolvem estudos básicos sobre a cinética da liberação do K (Klamt et al. 1978), extração com ácidos orgânicos e minerais (Siqueira & Guedes 1977, Dutra 1980), tratamentos térmicos — variando de simples calcinação até a completa fusão de rocha, pura ou em mistura com calcário e/ou rocha fosfatada em diversas proporções (Siqueira & Guedes 1977 e Faquin 1982) — e tratamentos biológicos, como, por exemplo, incubação com

fontes de carbono e enxofre (Siqueira 1977) e ataque microbiano (Siqueira & Castro 1982). Embora várias tecnologias promissoras tenham sido apontadas por algumas destas pesquisas, nenhuma delas tem mostrado viabilidade industrial e econômica.

Plantas e microorganismos podem aumentar a liberação do K de certos silicatos (Malquori 1975, Weed et al. 1969 e Siqueira & Castro 1982). Isto está relacionado com a capacidade do sistema de absorção destes organismos em baixar a concentração do elemento em solução a concentrações menores que o produto de solubilidade do mineral (Mielniczuk 1978). Segundo Mengel (1968), a liberação de K da biotita e muscovita ocorre quando o nível do elemento na solução do solo atinge valores inferiores a 0,25 mM/l e 0,0025 mM/l, respectivamente. Desta maneira, o método de cultivos sucessivos (Mielniczuk & Selbach 1978) poderá dar boa estimativa da quantidade de K disponível de fontes com baixa solubilidade, como é o caso de rochas.

O presente trabalho tem por objetivo avaliar a disponibilidade do K da rocha potássica de Poços de Caldas "in natura", utilizando-se o milho como planta indicadora, através de cultivos sucessivos em casa de vegetação.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, na Escola Superior de Agricultura de Lavras, utilizando-se dois solos classificados como Latossolo Vermelho-Escuro (LVE) textura argilosa, coletado no local denominado Teresinha, na Usina Boa Vista, município de Três Pontas, e Terra Roxa Estruturada (TRE), coletada na margem direita da rodovia BR-381, a 6 km de Perdões, ambos os municípios localizados no sul do Estado de Minas Gerais. Os solos foram coletados e preparados segundo Waugh & Fitts (1966) e analisados segundo métodos em uso no departamento de Ciência do Solo da ESAL. Os resultados analíticos são apresentados na Tabela 1.

Os tratamentos constaram dos níveis 0, 100, 200, 300 e 400 ppm de K aplicados separadamente como rocha potássica e KCl, na presença e ausência de calagem. Utilizou-se KCl com 60% de K_2O solúvel em água, e a rocha potássica de Poços de Caldas foi passada em peneira de 200 meshes, apresentando a seguinte composição química percentual: SiO_2 = 57,30; Al_2O_3 = 23,40; K_2O = 14,50; Fe_2O_3 = 1,74; TiO_2 = 0,91; ZrO_2 = 0,64; P_2O_5 = 0,22; MgO = 0,16; CaO = 0,07; MoO_3 = 0,03; ZnO = 0,02; CoO = 0,01; MnO = 0,01; CuO = 0,01 e

TABELA 1. Análise química e granulométrica dos horizontes superficiais dos solos utilizados. (Médias de três amostras para cada solo).

Características	Latossolo Vermelho-Escuro	Terra Roxa Estruturada
pH em água 1:2,5	5,1	5,6
Al ⁺⁺⁺ mE/100 cc*	0,6	0,3
Ca ⁺⁺ + Mg ⁺⁺ mE/100 cc**	1,0	3,0
P ppm**	1,5	1,6
K ppm**	30,0	80,0
Matéria Orgânica %	3,2	3,6
Areia %	20,8	28,8
Silte %	3,8	10,8
Argila %	75,4	60,4

* Extraído em KCl 1N

** Extraído em 0,025 HCl + 0,05 H₂SO₄

S = 0,01. Os teores de Al₂O₃, SiO₂, K₂O, Fe₂O₃ e TiO₂ foram determinados no Departamento de Ciência do Solo da ESAL, e as demais determinações, no Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) de São Paulo.

Procedeu-se à calagem conforme recomendação da Comissão de Fertilidade de Solos do Estado de Minas Gerais, incubando-se o solo úmido durante 15 dias com Ca(OH)₂. Metade do solo sem calagem foi incubado da mesma maneira que os tratamentos com calagem. Após a incubação, 3 kg de solo seco foram colocados em vasos de plástico e aplicados os tratamentos com três repetições.

Como planta indicadora, utilizou-se o milho híbrido AG-107, por três cultivos sucessivos, colocando-se sete sementes por vaso, e posteriormente fez-se o desbaste para cinco plantas.

A irrigação foi realizada diariamente e medida através de pesagens, sendo os vasos mantidos com 60% - 70% da capacidade de campo. Aplicou-se solução nutritiva constituída de magnésio e micronutrientes, cuja composição é a seguinte, em ppm: MgSO₄ = 4,7; H₃BO₃ = 2,7; MnCl₂ · 4 H₂O = 2,5; ZnSO₄ · 7 H₂O = 2,3; CuSO₄ · 5 H₂O = 2,0 e Na₂MoO₄ · H₂O = 1,0; foi diluída 100 vezes, aplicando-se, após o desbaste, 100 ml por vaso contendo 3,0 kg de solo. Foram feitas aplicações de nitrogênio e fósforo antes de cada cultivo, na base de 200 ppm e 400 ppm, como sulfato de amônio e superfosfato simples, respectivamente.

Aos 55 dias após cada plantio, realizaram-se os cortes da parte aérea das plantas, e as raízes foram separadas do solo através de tamizagem, com posterior lavagem com jatos de água; ambas as porções foram colocadas em estufa com circulação de ar a 60°C - 70°C durante 48 horas, para a determinação do peso de matéria seca. Determinou-se o teor de potássio na matéria seca, no Laboratório de Análise Foliar do Departamento de Química da ESAL; a quantidade de potássio acumulado na parte aérea foi calculada a partir destes valores.

Após cada cultivo, procedeu-se à amostragem de solo para a determinação do potássio disponível.

A análise de variância foi efetuada sobre a produção de matéria seca (g/vaso), percentagem de potássio na parte aérea, potássio acumulado (mg/vaso), e K⁺ disponível no solo (ppm).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Produção de matéria seca

Efeitos de fontes, níveis de K aplicado e calagem, na produção de matéria seca pelo milho, em três cultivos sucessivos, são apresentados nas Fig. 1a, 1b, 2a e 2b, para o Latossolo Vermelho-Escuro (LVE) e Terra Roxa Estruturada (TRE), respectivamente. A produção de matéria seca foi altamente influenciada pela fonte, pelos níveis de K e pela calagem; estes efeitos foram mais acentuados no LVE, por causa da sua baixa fertilidade natural. A calagem apresentou maior efeito nos níveis mais elevados de KCl. O KCl mostrou-se altamente eficiente como fonte de K para o milho; o mesmo não aconteceu com a rocha potássica, que apresentou baixa disponibilidade de K, mesmo no terceiro cultivo. A rocha potássica causou ligeiro aumento na produção de matéria seca pelo milho no solo LVE com calagem; entretanto, este efeito não pode ser explicado com base na disponibilidade do K da rocha. As produções de matéria seca foram extremamente pequenas no segundo e terceiro cultivos (Fig. 1a, 1b, 2a e 2b). Desde que solução nutritiva sem potássio

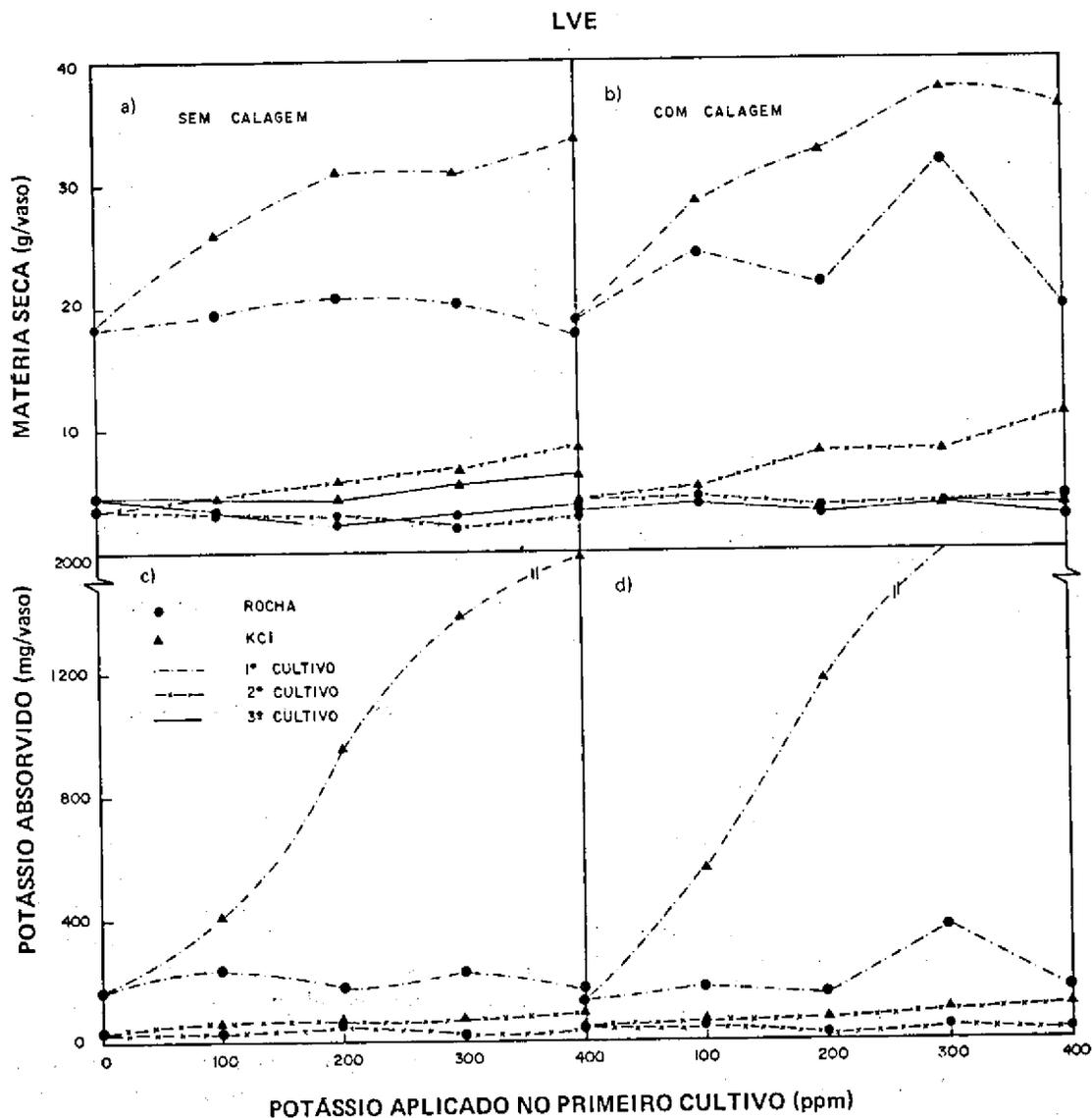


FIG. 1. Latossolo Vermelho-Escuro. Efeito de doses e fontes de K sobre a produção de matéria seca: a) solo sem calagem; b) solo com calagem e absorção de K; c) solo sem calagem; d) solo com calagem.

foi aplicada em cada cultivo, esta redução ocorreu por causa da exaustão do K disponível durante o primeiro cultivo. A análise de variância não mostrou efeito significativo (ao nível de 5%) para doses de K após o segundo cultivo, ao passo que o efeito de fonte foi significativo até o terceiro cultivo, para os dois solos, apesar das pequenas dife-

renças entre as duas fontes. Para o solo LVE, houve alta correlação entre potássio disponível no solo e potássio absorvido pela planta com a produção de matéria seca (Tabela 2). Os coeficientes de correlação foram mais baixos e não significativos para a TRE. Isto sugere que as produções mais altas alcançadas na TRE foram devidas não

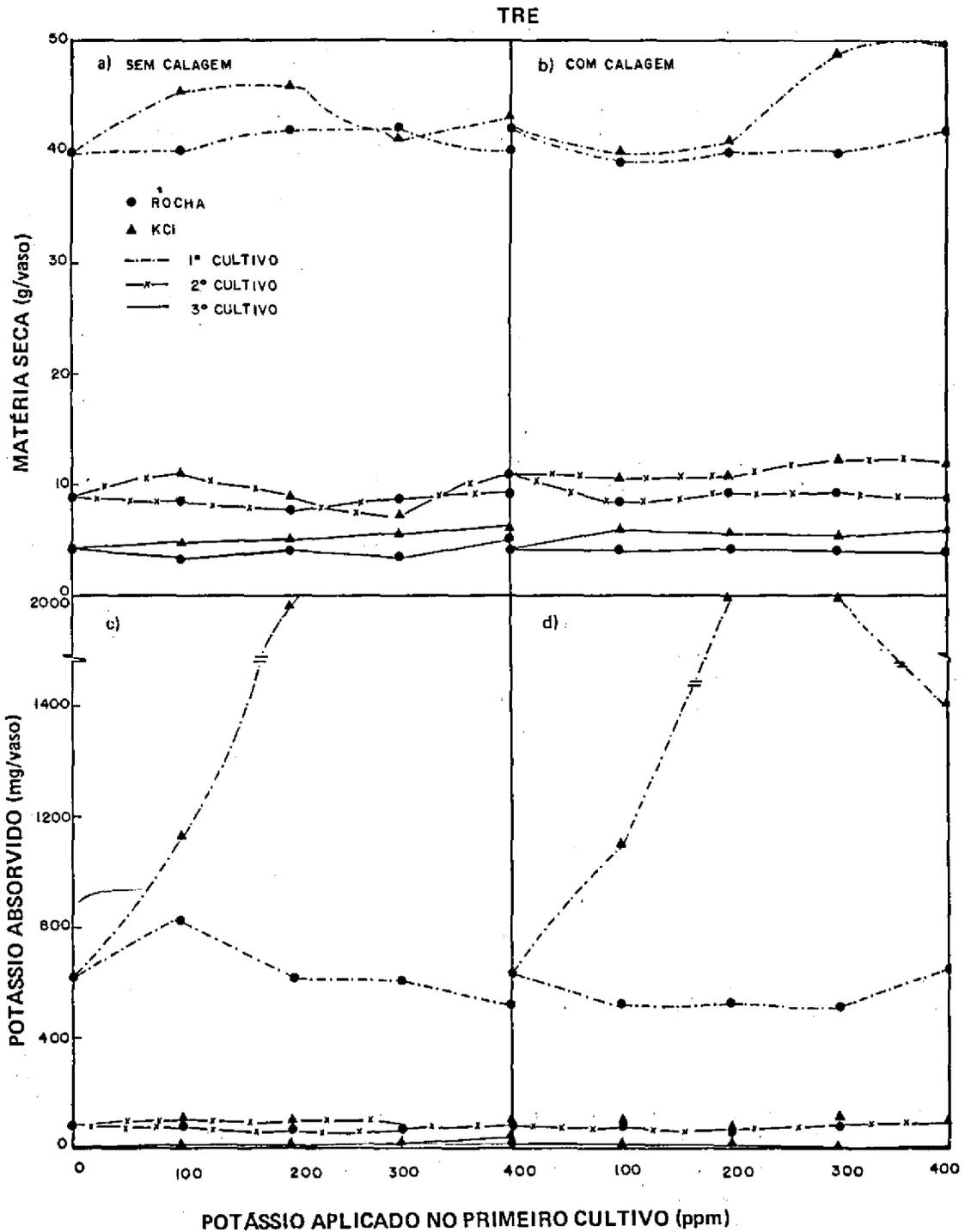


FIG. 2. Terra Roxa Estruturada. Efeito de doses e fontes de K sobre a produção de matéria seca: a) solo sem calagem; b) solo com calagem e absorção de K; c) solo sem calagem; d) solo com calagem.

TABELA 2. Coeficientes de correlação (R) para alguns parâmetros, cultivos e solos.

Variáveis	Solos					
	Terra Roxa Estruturada			Latossolo Vermelho-Escuro		
	Cultivos					
	1 ^o	2 ^o	3 ^o	1 ^o	2 ^o	3 ^o
MS x K absorvido	0,47*	0,70**	0,69**	0,89**	0,96**	0,79**
MS x K disponível	0,30 ns	0,19 ns	0,11 ns	0,98**	0,67**	0,74**
K abs. x K disponível	0,89**	0,43 ns	0,09 ns	0,94**	0,75**	0,69**

*, ** Significativo ao nível de 5% e 1% respectivamente.
MS - Matéria seca.

somente a maiores níveis de K disponível, mas também ao maior nível de fertilidade natural daquele solo, quando comparado com o LVE.

Potássio na planta

A quantidade total de K absorvido pelo milho foi altamente influenciada pela fonte e dose de K e pela calagem. A Fig. 3 mostra a percentagem de K na parte aérea do milho influenciada pela fonte e dose de K, para os dois solos estudados. A Fig. 3 não somente ilustra a alta absorção de K do KCl pelo milho, mas também a baixa disponibilidade do elemento na rocha potássica de Poços de Caldas.

A absorção de K pelo milho nos diversos tratamentos e cultivos é apresentada nas Fig. 1c, 1d, 2c e 2d. Observa-se um efeito muito acentuado do KCl, principalmente no primeiro cultivo, contra um efeito negligível da rocha potássica, mesmo no terceiro cultivo. Houve correlação altamente significativa entre o K disponível no solo e o K absorvido pela planta no LVE, os valores de R decresceram do primeiro para o terceiro cultivos (Tabela 2). Para a TRE, valor significativo foi encontrado apenas para o primeiro cultivo.

A quantidade total de K absorvido pelo milho crescendo em dois solos, por três cultivos, com diferentes doses de rocha potássica e KCl, é apresentada na Fig. 4. Estes dados confirmam a baixa disponibilidade do K da rocha, mesmo após vários cultivos sucessivos em casa de vegetação, e ilustram a maior capacidade da TRE em fornecer K para a planta.

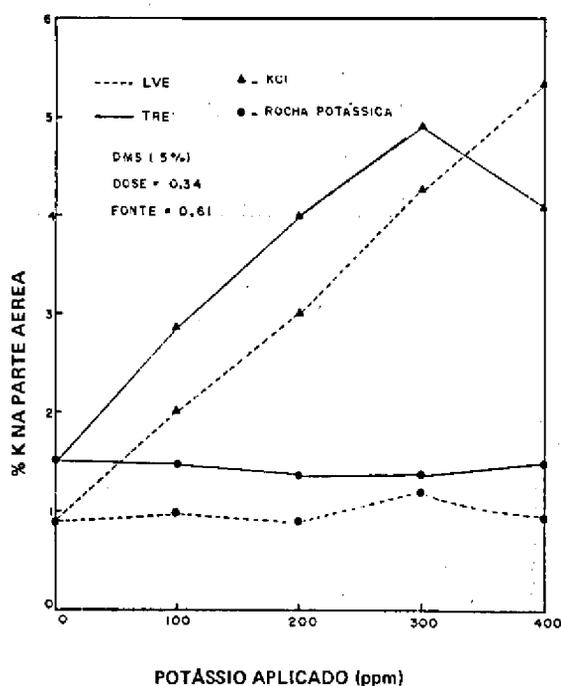


FIG. 3. Concentração de K (%) na parte aérea do milho crescendo em Latossolo Vermelho-Escuro (LVE) e Terra Roxa Estruturada (TRE) com diferentes doses e fontes de K. Dados referentes ao primeiro cultivo na presença de calcário.

Potássio no solo

Os níveis de K trocáveis no solo após cada cultivo são apresentados na Tabela 3. O nível de K decresceu após cada cultivo e parece ter estabelecido em torno de 8 ppm a 10 ppm para o LVE e de 15 a 18 ppm para a TRE, independentemente da fonte e

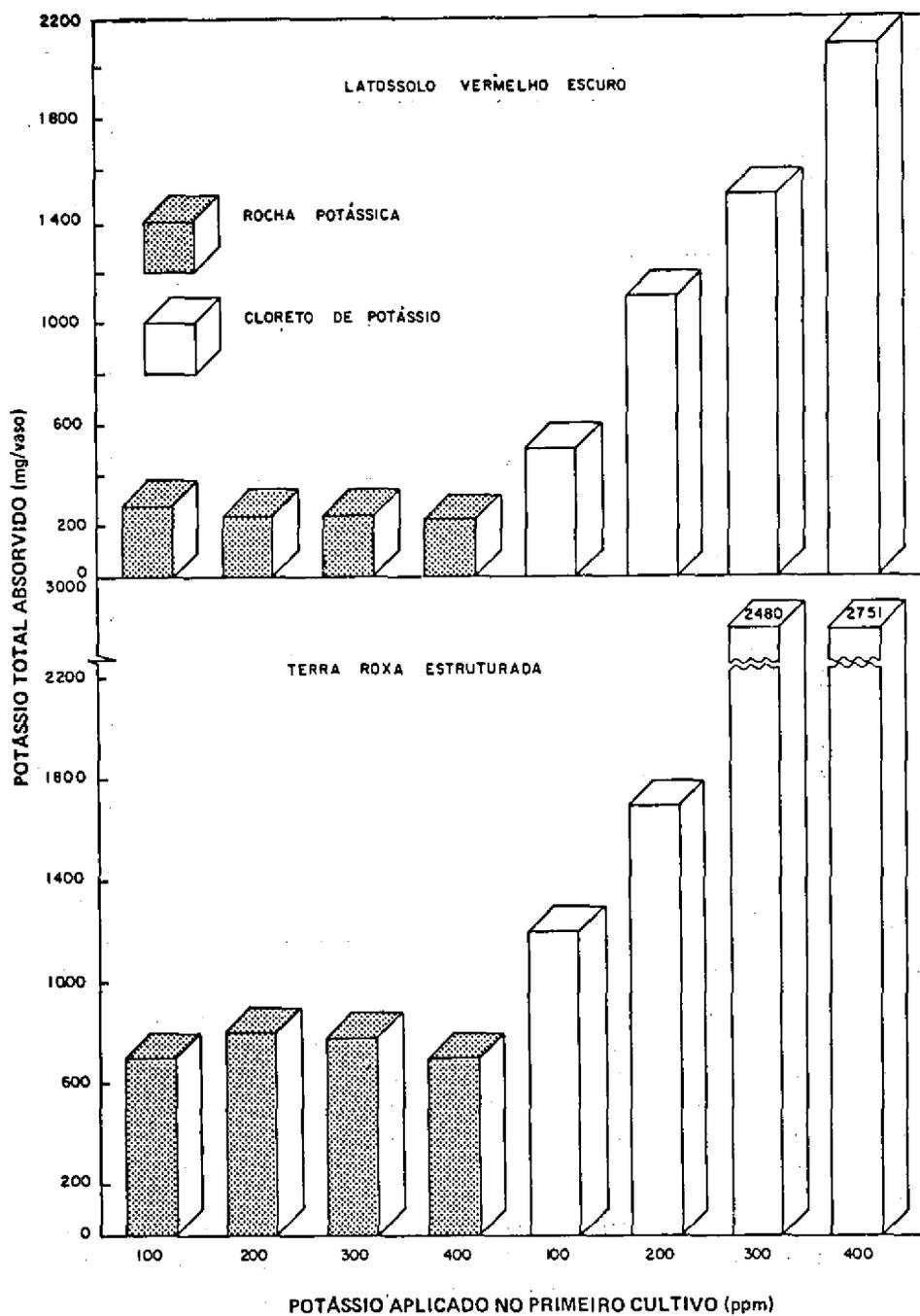


FIG. 4. Potássio total absorvido pelo milho durante três cultivos sucessivos em Latossolo Vermelho-Escuro e Terra Roxa Estruturada, com diferentes doses e fontes de K.

TABELA 3. Efeito de fontes e doses de potássio no teor de K disponível no solo (ppm) após cultivos sucessivos com milho na presença e ausência de calagem.

Fonte	K aplicado (ppm)	Solo						
		Terra Roxa Estruturada			Latosolo Vermelho-Escuro			
		Cultivos						
		1.º	2.º	3.º	1.º	2.º	3.º	
Sem calagem								
KCl	0	12	9	8	19	11	16	
	100	16	13	13	23	10	17	
	200	22	13	11	26	10	16	
	300	43	14	11	29	11	18	
Rocha	400	48	16	11	35	12	15	
	100	10	10	9	19	10	17	
	200	9	8	8	18	9	15	
	300	9	8	8	21	9	17	
Rocha	400	8	7	9	21	12	17	
	Com calagem							
	0	11	8	6	19	9	14	
	100	22	11	6	24	9	16	
KCl	200	23	10	8	27	9	15	
	300	27	10	9	30	10	15	
	400	50	13	11	33	10	17	
	Rocha	100	11	9	8	21	10	18
200		11	7	8	20	9	17	
300		13	7	8	21	11	14	
400		12	8	11	21	8	17	
	Dose (D)	2,6	1,6	ns	1,2	0,9	1,1	
	D x calcário	3,7	ns ^a	ns	ns	1,3	2,3	
	D x fonte	3,9	2,2	1,4	1,5	ns	ns	

^a ns - Efeito não significativo ao nível de 5%.

dose de K aplicadas antes do primeiro cultivo. Os tratamentos com doses mais elevadas de KCl mostraram algum efeito residual após o primeiro cultivo; o mesmo não foi observado nos tratamentos com rocha potássica, que não liberou K, mesmo depois do terceiro cultivo.

O K total do solo é encontrado em várias formas, conforme discutido por Lopes (1982). Entre elas, K-estrutural, K-trocável e K-solução, as quais se acham em um equilíbrio dinâmico. Assim, menor concentração de K na solução do solo favorecerá a liberação do K de forma trocável e estrutural para a solução, podendo este ser absorvido pelas raízes. Assim sendo, esperava-se que o K dos minerais da rocha fosse, pelo menos parcialmente,

mudado para formas utilizáveis pelo milho. Entretanto, os resultados aqui apresentados confirmam os estudos sobre a cinética da liberação e extração química do K desta rocha (Catani & Gallo 1960, Siqueira & Guedes 1977 e Klamt et al. 1978), estudos, estes, que sugerem baixa disponibilidade do K para as plantas. Isto porque o K está fortemente retido entre os tetraedros de silício dos minerais componentes da rocha, o que a confere alta estabilidade química (Ilchenko & Guimarães 1953), sendo, portanto, difícil de ser alterada pelos extratores químicos em condições de laboratório (Siqueira & Guedes 1977) e pelas raízes das plantas, como ocorre com outros minerais potássicos no solo (Malquori 1975).

CONCLUSÕES

1. A rocha potássica de Poços de Caldas "in natura" não pode ser utilizada como fertilizante potássico, por causa da baixa disponibilidade de seu K, comprovada através de cultivos sucessivos utilizando-se o milho como planta indicadora.

2. Dada a sua localização geográfica e a quantidade e teor de K total, esta rocha poderá constituir importante matéria-prima para a indústria de sais solúveis de potássio, ou ser utilizada como fertilizante após tratamentos específicos que visem aumentar a disponibilidade do K.

REFERÊNCIAS

- CARVALHO, L.F.A. de. Rochas alcalinas como matéria-prima para indústria de sais solúveis de potássio. Rio de Janeiro, DNPM, 1965. 23p. (Boletim, 43).
- CATANI, R.A. & GALLO, J.R. A disponibilidade do potássio da leucita de Poços de Caldas estudada por meio do arroz. An. Esc. Sup. Agric. Luiz de Queiroz, Piracicaba, 17:30-5, 1960.
- DUTRA, L.G. Minerais potássicos, acidificados ou não, utilizados como fonte de nutriente para o milho (*Zea mays* L.) em casa de vegetação. Viçosa, UFV, 1980. 83p. Tese Mestrado.
- ELLERT, R. Contribuição à geologia do maciço alcalino de Poços de Caldas. B. Fac. Fil. Ci. Letras Univ. S. Paulo. Geol., 18:5-63, 1959.
- FAQUIN, V. Efeito do tratamento térmico do sienito nefelínico adicionado de calcário dolomítico na disponibilidade de potássio ao milho (*Zea mays* L.) em casa de vegetação. Piracicaba, ESALQ, 1982. 115p. Tese Mestrado.
- FRAYA, R. Rochas potássicas; possibilidades de aproveitamento para a indústria de adubos. Min. Metal., Rio de Janeiro, 15:85-7, 1950.
- ILCHENKO, V. & GUIMARÃES, D. Sobre a possibilidade de utilização agrícola dos sienitos nefelínicos do planalto de Poços de Caldas, Estado de Minas Gerais. Belo Horizonte, Instituto de Tecnologia Industrial, 1953. 15p. (Avulso, 15).
- KLAMT, E.; MIELNICZUK, J. & POMBO, L.C.A. Estudo da cinética de liberação de potássio das rochas e minerais. Porto Alegre, UFRS, 1978. 27p. Anexo ao relatório final do contrato FUNDATEC/FINEP.
- LOPES, A.S. Mineralogia do potássio em solos do Brasil. In: POTÁSSIO na agricultura brasileira. Piracicaba, Instituto da Potassa e Fosfato, 1982. p.51-66.
- MALQUORI, G. Desagregación biológica de silicatos potássicos. I. Biotita. Rev. Potasa, Berna, 3(51):1-7, 1975.
- MENGEL, K. Exchangeable cations of plant roots and potassium absorption by the plant. In: KILMER, V.J. et al. The role of potassium in agriculture. Madison, ASA, 1968. p.311-9.
- MIELNICZUK, J. O potássio no solo. Piracicaba, Instituto Internacional da Potassa, 1978. 80p. (Boletim Técnico, 2).
- MIELNICZUK, J. & SELBACH, P.A. Efeito de cultivos sucessivos sobre os parâmetros de potássio do solo. R. bras. Ci. Solo, Campinas, 2(2):120-5, 1978.
- SIQUEIRA, J.O. Efeito da adição de enxofre elementar e vinhaça na disponibilidade do potássio do sienito nefelínico de Poços de Caldas. In: SIQUEIRA, J.O. & GUEDES, G.A.A. Resultados parciais de experimentos com rocha potássica de Poços de Caldas; relatório anual do contrato ESAL/FINEP/Mineração Curimbaba. Lavras, ESAL, 1977. p.49-62.
- SIQUEIRA, J.O. & CASTRO, H.A. Bioextraction of plant nutrients from potassium silicate by *Aspergillus*. Rev. Latinoam. Microbiol., México, 24(4):267-71, 1982.
- SIQUEIRA, J.O. & GUEDES, G.A.A. Resultados parciais de experimentos com rocha potássica de Poços de Caldas; relatório anual do contrato ESAL/FINEP/Mineração Curimbaba. Lavras, ESAL, 1977. 93p.
- TAVORA, J.E.M. Reservas minerais de potássio e suas explorações. In: POTÁSSIO na agricultura brasileira. Piracicaba, Instituto da Potassa e Fosfato, 1982. p.37-50.
- VALARELLI, J.V. & GUARDANI, R. Estudos experimentais para utilização das rochas potássicas de Poços de Caldas como fertilizante. Fertilizantes, São Paulo, 3(3):1-6, 1981.
- WAUGH, D.L. & FITTS, J.M. Estudos para interpretação de análises de solo, de laboratório e em vasos. s.l., North Carolina State Univ., 1966. 33p. (Technical Bulletin, 3).
- WEED, S.B.; DAVEY, C.B. & COOK, M.G. Weathering of mica by fungi. Soil Sci. Soc. Am. J., Madison, 33: 702-6, 1969.