

# INFLUÊNCIA DA ADUBAÇÃO POTÁSSICA NO EQUILÍBRIO DE CÂTIOS EM LATOSSOLO ROXO DISTRÓFICO, FASE CERRADO<sup>1</sup>

MÁRIA INÉS NOGUEIRA ALVARENGA<sup>2</sup> e ALFREDO SCHEID LOPES<sup>3</sup>

**RESUMO** - A necessidade de aumentar a eficiência das adubações levou a este estudo, que foi realizado em condições de campo num LRd, sob vegetação de cerrado. Foram utilizadas 2,5 t/ha de calcário para corrigir a acidez e 240 kg/ha de  $P_2O_5$  (na forma de superfosfato simples) como adubação fosfatada corretiva. O delineamento empregado foi de blocos ao acaso com três repetições, utilizando-se parcelas subdivididas em faixas. As doses de  $K_2O$  correspondem às parcelas, os métodos de aplicação, às subparcelas, e as profundidades de amostragem, às subsubparcelas. O potássio foi aplicado na forma de KCl nas doses de 60, 120, 240 e 480 kg/ha de  $K_2O$ . As profundidades de amostragem do solo foram 0 cm a 40 cm, considerada como área explorável pelo sistema radicular do milho e 40 cm a 120 cm de profundidade, considerada como área de perda de K por lixiviação. Observou-se aumento no teor de K disponível e Ca trocável, e diminuição no teor de Al trocável com aumento da dose de  $K_2O$  aplicado. Maior movimentação de K foi observada para as doses de 240 e 480 kg/ha na camada de solo de 40 cm a 120 cm. Os dados sugerem que a aplicação de KCl em doses muito pesadas favorece perdas por lixiviação e um desbalanço de cátions. Maior eficiência de adubação será obtida quando da aplicação de doses médias.

Termos para indexação: lixiviação, adubação potássica, balanço de cátions.

## EFFECT OF POTASSIUM FERTILIZATION ON THE CATION EQUILIBRIUM OF A DISTROPHIC DUSKY RED LATOSOL, UNDER "CERRADO" VEGETATION

**ABSTRACT** - The need for increasing KCl fertilizer efficiency led to the present study carried-out field conditions on a Dystrophic Dusky Red Latosol, "cerrado" phase. The soil was limed with 2.5 t/ha limestone to correct soil acidity. Also, "build up" phosphate fertilization was carried out with 240 kg/ha of  $P_2O_5$  as simples superphosphate. The experimental design was in randomized blocks with three replications, using a split-split-plots band system. Rates of  $K_2O$  correspond to plots, methods of application to sub-plots, and depths of soil sampling to sub-sub-plots. The treatments consisted of four different rates: 60, 120, 240 and 480 kg/ha of  $K_2O$  and two depths (0 cm to 40 cm, and 40 cm to 120 cm) were used for soils sampling. An increase of available K and exchangeable Ca, and a decrease of exchangeable Al with the increase of  $K_2O$  was observed. Higher rates of applied K (240 and 480 kg/ha) gave higher K movement to the 40 cm to 120 cm layer. It was suggested that the use of KCl at very high rates favored losses of K due to leaching and soil cation unbalance. A higher efficiency of fertilizer was obtained with application of intermediary rates.

Index terms: leaching, potassium fertilizer, cations balance.

## INTRODUÇÃO

Quando da pedogênese de um solo, onde predominam condições climáticas quentes e úmidas e

boa drenagem, há um acentuado intemperismo e lixiviação de bases e sílica, com conseqüente formação de caulinita, óxidos-hidróxidos e hidróxidos de Fe e Al, principalmente (Curi 1983).

Solos formados sob estas condições, na grande maioria apresentam boas condições físicas através do perfil, mas com problemas de toxidez de Al, fixação de fósforo e argilas de baixa atividade, necessitando, portanto, de um adequado manejo da adubação para entrarem no processo produtivo com resultados satisfatórios. Estes solos ocorrem em cerca de 60% da área do Brasil e em 56% da região dos cerrados, sendo classificados como latossolos (Lopes 1975).

<sup>1</sup> Aceito para publicação em 01 de dezembro de 1986. Parte do trabalho de tese do primeiro autor, para a obtenção do título de Mestre em Agronomia, Dep. de Ciências do Solo da Esc. Sup. de Agric. de Lavras, MG, financiado pela Potafós.

<sup>2</sup> Enga. - Agra., M.Sc. EMBRAPA/Unidade de Execução de Pesquisa de Âmbito Estadual de Rio Branco (UEPAE de Rio Branco), Caixa Postal 392, CEP 69900 Rio Branco, AC.

<sup>3</sup> Eng. - Agr., Ph.D., Prof.-Titular, Dep. de Ciência do Solo, Esc. Sup. de Agric. de Lavras (ESAL), Caixa Postal 37, CEP 37200 Lavras, MG.

Deve ser considerado um equilíbrio ideal entre cátions no solo, quando se almeja uma racionalização da adubação, apesar de ser muito difícil determinar um equilíbrio ideal para o desenvolvimento das plantas, pois as variações entre solos e dentro de um mesmo perfil são muito grandes. Guedes (1982) encontrou que em função das variações mineralógicas do perfil do solo há diferenças no equilíbrio catiônico de um horizonte para outro. A composição mineralógica, a diferença no conteúdo de matéria orgânica e as interações organominerais explicam estas diferenças de seletividade obtidas.

Esta participação dos diferentes cátions na solução do solo obedece à seqüência liotrófica de Hofmeister. A adição de um sal neutro à solução do solo provoca substituição e troca de cátions adsorvidos às argilas; essas substituições ocorrem em função da concentração e balanço dos cátions na solução, em função da preferência do material em reter um ou outro cátion, bem como do pH do solo. Fassbender (1980) cita um trabalho de Fassbender et al., que reuniram graficamente as relações entre cátions trocáveis (K, Ca, Mg e Al) e suas atividades iônicas em 20 solos da Amazônia brasileira e observaram a existência de uma proporcionalidade específica de cada um dos elementos. Ao elevar seu conteúdo na fase adsorvida do complexo de troca, eleva-se, progressivamente, a atividade iônica correspondente. E, conforme Guedes (1982), a preferência para Ca e Mg sobre o K na superfície do solo é bem explicada pelo efeito da valência, pois os equilíbrios de troca de íons envolvendo Ca/K e Ca/Mg mostraram que Ca e Mg são preferencialmente retidos na superfície, enquanto o K é preferencialmente retido no subsolo.

Uma calagem satura o meio com íon Ca, influenciando na adsorção de K aos colóides do solo. No entanto, é comum a calagem representar um aumento na saturação de bases do solo, sendo conveniente, desta maneira, para diminuir as perdas de K trocável por lixiviação (Thomas & Hipp 1968, Tisdale & Nelson 1975). Segundo Kamprath & Foy (1971) há, além disso, uma reativação dos sítios de troca por efeito da calagem. Dessa forma, solos arenosos com elevada saturação de bases per-

dem menos K por lixiviação do que solos com baixo grau de saturação de bases.

Apesar de o efeito do pH na adsorção e dessorção de potássio no solo, por ação da calagem, resultar em opiniões contraditórias, Thomas & Hipp (1968), Kamprath & Foy (1971) e Tisdale & Nelson (1975) acreditam ser este um problema de extrema importância quando relacionado ao manejo da calagem do solo. Fassbender (1980) concorda com estes autores, e, segundo ele mesmo, em condições de predominância de caulinita, o manejo adequado da adubação potássica promoverá aumento da concentração de K na solução, que será ainda maior por efeito da calagem, a qual aumenta a CTC do solo.

O nível dos nutrientes catiônicos tem sido estudado desde muito tempo. Bear & Toth (1948) sugeriram que, para um balanço ideal, 65% do complexo de troca deve ser ocupado com Ca, 10% com Mg, 5% com K e 20% com H. Isto enfatiza, além da importância do Ca, que as relações entre cátions devem guardar entre si proporções de 15:1, 13:1, 2:1 e 6,5:1 para (Ca + Mg)/K, Ca/K, Mg/K e Ca/Mg, respectivamente, sendo estes os valores ideais das relações para o equilíbrio da solução.

Lopes (1983) sugere níveis críticos de 1,5, 0,5 e 0,15 meq/100 cm<sup>3</sup> para Ca, Mg e K trocáveis, respectivamente, que estão de acordo com a Comissão de Fertilidade do Solo de Minas Gerais (1976). Com estes níveis, as relações (Ca + Mg)/K, Ca/K, Mg/K e Ca/Mg guardam entre si proporções de 13,3:1, 10:1, 3,3:1 e 3:1, respectivamente, indicando limites para possíveis interpretações de balanço de cátions. Segundo o mesmo autor, a grande maioria dos solos sob vegetação de cerrados apresenta relações inadequadas destes nutrientes, evidenciando sua baixa fertilidade.

Evidência da importância do balanço dos cátions na solução foi dada também por Henderson (1969), citado por Lopes (1983), que encontrou deficiência de Mg num solo com 60% de saturação de Al e CTC "efetiva" de 1,6 meq/100 cm<sup>3</sup>, quando menos de 4% desta CTC era ocupada com Mg.

As relações entre cátions são freqüentemente calculadas para identificar qual a melhor relação do K com o Ca e com o Mg. Usherwood (1982)

não encontrou boa correlação entre as relações Ca/K e (Ca + Mg)/K, para os solos e culturas. No milho, à medida que a produção de grãos aumentava, geralmente a relação K/Ca também aumentava, enquanto a relação (Ca + Mg)/K, no tecido vegetal, diminuía. O mesmo autor também observou, durante três anos, a reação da cultura ao K aplicado (doses de até 500 kg/ha) com e sem aplicação de Mg. Na ausência de Mg, os sintomas de deficiência deste nutriente foram evidentes no milho, no segundo ano. No terceiro ano, o nível de Mg original do solo desceu a limites críticos. Quando o Mg foi aplicado na dose de 97 kg/ha, as produções de soja aumentaram 37% mais que a testemunha (7 kg/ha de Mg).

Correlação negativa entre os teores de Ca e Mg em relação aos teores de K parece ser uma constante em vários trabalhos. Murphy (1980) cita Boswell & Parks, que encontraram relação inversamente proporcional da concentração de Ca e Mg, ao suprimento e concentração de K nas folhas do milho. Ritchey & Silva (1982), em cultivos sequenciais de arroz e milho, por dois anos verificaram que o aumento da dose de K promoveu aumento deste e diminuição no teor de Mg no tecido das folhas. No mesmo ensaio, mantendo-se constantes os níveis de K e Ca, aumentando-se o de Mg, houve aumento no teor de Mg e decréscimo de K nos tecidos das folhas das duas culturas. Em ambas as situações, o teor de Ca não se alterou. Verificaram, também, que a redução do Mg por causa da presença do K é mais intensa que o inverso, sendo mais evidente no caso do milho. Para Munson (1968), as relações K/Mg e K/Ca refletem o comportamento individual dos cátions, sendo que a disponibilidade de K parece estar mais relacionada com a quantidade total presente no solo, apesar de ser também influenciada pela concentração de Ca e Mg.

Em outro trabalho, Silva (1980) também observou variações na relação Ca:Mg, em função da variação das doses de K aplicadas, que, mesmo em condições de baixa saturação de Al, mostraram grande efeito sobre o crescimento das raízes e da parte aérea, com maior evidência quando o equilíbrio se mostrou desfavorável ao Ca. Concentrações mais elevadas de Ca mostraram ser menos prejudiciais do que altas concentrações de

Mg, obtendo-se maiores produções com a relação Ca:Mg de 3:1 a um valor médio de 60% de saturação de Ca para o LE e 70% para o LV, para todas as doses de K aplicadas. Do mesmo modo, para Usherwood (1982), a resposta de uma cultura ao K pode ser esperada quando estes solos recebem calagem para eliminar os fatores limitantes da produção causados pelo Al tóxico ou baixos níveis de Ca e Mg.

Pelo exposto, fica claro que o equilíbrio da solução é sempre mantido, ou seja, o desequilíbrio causado pela saída de algum elemento dos pontos de troca é novamente restabelecido, de maneira que os cátions estejam sempre balanceados. Dessa forma, a manutenção de uma proporção ideal de bases nos solos é de real importância quando se pensa em disponibilidade e manejo da sua fertilidade.

O objetivo deste trabalho é avaliar o efeito da aplicação de doses crescentes de  $K_2O$  no balanço de cátions no perfil do solo, bem como sugerir níveis de K no solo que lhe proporcionem aproveitamento mais racional.

#### MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi realizado em condições de campo, em área situada no campus da Escola Superior de Agricultura de Lavras, Minas Gerais (ESAL-MG), num Latossolo Roxo distrófico, textura muito argilosa, sob vegetação de cerrado. A análise mineralógica dos horizontes Ap e B22 mostraram predominância de caulinita, seguida de gibbsita, goethita e hematita, além de traços de clorita no Ap.

Foi feita calagem até 20 cm de profundidade na dose de 2,5 t/ha, corrigida para PRNT 100% com base nos teores de Al e Ca + Mg trocáveis, de acordo com as recomendações de Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (1976). A adubação fosfatada corretiva foi feita até 10 cm de profundidade na forma de superfosfato simples.

O experimento foi instalado com três repetições, quatro métodos de aplicação e quatro doses de  $K_2O$  na forma de KCl. As doses de  $K_2O$  foram: 60 (testemunha), 120, 240 e 480 kg/ha, e os métodos de aplicação no sulco, faixa de 20 cm, faixa de 40 cm, e a lanço. A cultura utilizada foi o milho (híbrido Ag-301), que recebeu, além dos tratamentos com o potássio, 300 kg/ha de sulfato de amônio, 350 kg/ha de superfosfato simples, 22 kg/ha de sulfato de zinco e 9 kg/ha de bórax. A época de plantio foi na primeira quinzena de outubro, e a colheita, na primeira quinzena de março. A precipitação, durante o período, foi de 220 mm, 253 mm, 231 mm, 352 mm,

188 mm e 343 mm para os meses de outubro a março, respectivamente. A média de produção obtida foi de 4.000 kg/ha.

O delineamento empregado foi o de blocos ao acaso, no esquema de parcelas subdivididas em faixas. Nas parcelas, testou-se o efeito de doses de  $K_2O$ ; nas subparcelas, em faixas, os métodos de aplicação; e nas subsubparcelas, as profundidades de amostragem. Cada subparcela foi composta de três linhas de plantas espaçadas de 1,0 m, com 10 m de comprimento.

Para as amostragens, tanto de plantas como de solo, foram consideradas as linhas centrais de cada subparcela. A amostragem de folhas seguiu a indicação de Hanway, citado por Malavolta & Gargantini (1966), das quais foram determinados os teores de Ca, Mg e K, de acordo com a metodologia descrita por Hunter (1975a), e calculadas as relações  $(Ca + Mg)/K$ ,  $Ca/K$ ,  $Mg/K$  e  $Ca/Mg$ . As amostras de solo foram tiradas com um trado, tipo "caneco", de 20 cm em 20 cm, até 120 cm de profundidade, após a colheita do milho. Em cada subparcela fez-se uma coleta no centro do local de aplicação do KCl, e mais quatro coletas afastadas simetricamente 20 cm e 40 cm do local da primeira coleta. De cada subparcela foram retiradas então 30 amostras de solo. Para efeito de análise estatística foram consideradas apenas duas amostras (subsubparcelas), que correspondem à média dos cinco pontos de amostragem até 40 cm de profundidade e

de 40 cm a 120 cm. A camada até 40 cm foi considerada como área explorável pelo sistema radicular da maioria das culturas; e a restante, considerada como área de perda de nutrientes por lixiviação. Detalhes podem ser visualizados na Fig. 1.

As determinações do K disponível por fotometria de chama e Al trocável foram feitas de acordo com a metodologia descrita por Vettori (1969). Para as determinações de Ca e Mg trocáveis utilizou-se solução extratora de KCl 1N, e as determinações foram feitas por absorção atômica, segundo a metodologia descrita por Hunter (1975b).

Na caracterização do solo, além da análise mineralógica através da difração do raio X (Jackson 1958), foram determinados os teores de óxidos totais pelo ataque sulfúrico conforme Vettori (1969), e os teores de ferro livre, conforme metodologia descrita por Jackson (1969). A análise textural foi realizada segundo Bouyoucos (1928) (Tabela 1).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os maiores teores de K disponível e Ca trocável foram encontrados na camada de 0 cm a 40 cm de profundidade para todas as doses de  $K_2O$  aplicadas (Tabela 2). Como era de se esperar,

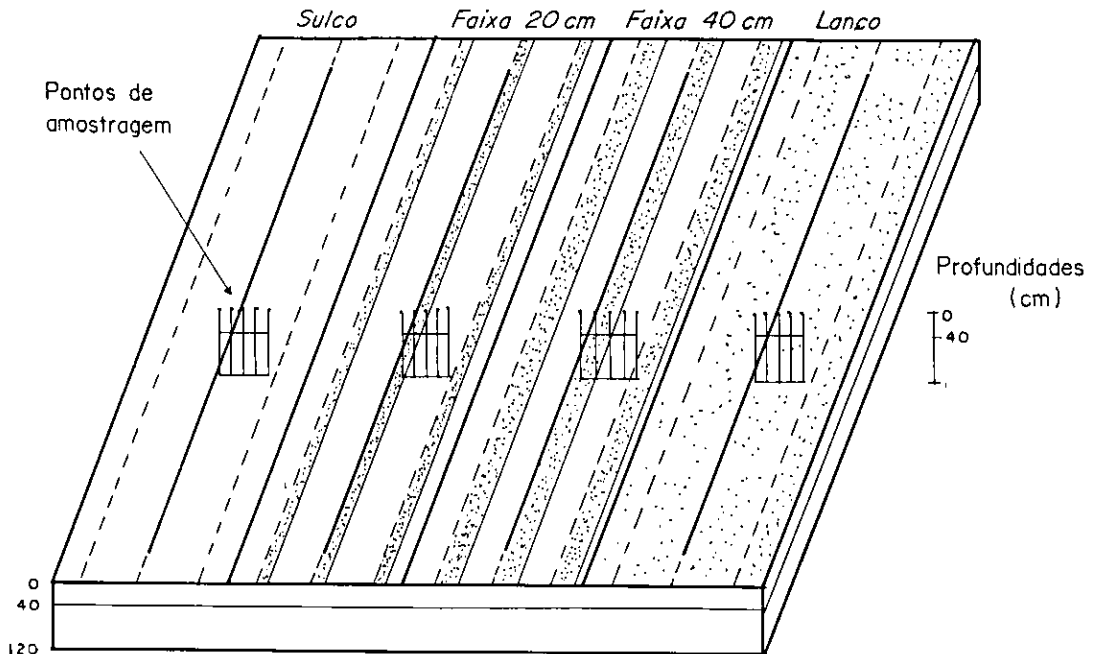


FIG. 1. Parcela com detalhamento dos métodos de aplicação do KCl nas subparcelas, e pontos de amostragem nas profundidades consideradas.

TABELA 1. Características químicas e físicas do perfil do Latossolo Roxo Distrófico (LRd), fase Cerrado, Lavras, MG. 1983.

Horizonte	Profundidade	Acidez total	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> livre	Ataque sulfúrico					Análise granulométrica			Classe textural	
				SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Argila	Silte	Areia		
	cm	meq/100 g		%									
Ap	0 - 22	7,26	12,9	12,6	26,9	18,0	1,46	0,14	78,8	5,2	16,0	Muito argiloso	
A3	22 - 45	5,61	14,0	18,3	28,7	18,5	1,26	0,13	81,8	8,2	10,0	Muito argiloso	
B1	45 - 66	5,12	15,1	13,8	29,5	19,4	1,32	0,13	88,0	5,2	14,0	Muito argiloso	
B21	66 - 141	3,30	14,8	11,8	20,3	18,5	1,28	0,12	76,8	9,2	14,0	Muito argiloso	
B22	200+	3,30	14,7	15,0	30,0	19,1	1,36	0,12	78,8	9,2	12,0	Muito argiloso	

TABELA 2. Teores de K, Ca, Mg e Al (meq/100 cm<sup>3</sup>) nas camadas de 0 cm a 40 cm e 40 cm a 120 cm de profundidade, em função das doses de K<sub>2</sub>O (kg/ha) aplicados na forma de KCl. Solo LRd. Lavras, MG. 1983.

Doses de K <sub>2</sub> O aplicadas	Profundidade (cm)							
	K		Ca		Mg		Al	
	0 a 40	40 a 120	0 a 40	40 a 120	0 a 40	40 a 120	0 a 40	40 a 120
kg/ha	meq/100 cm <sup>3</sup>							
60	0,96 aC	0,039 bB	0,724 aB	0,154 bA	0,273	0,221	0,374 aA	0,322 bA
120	0,119 aB	0,044 bB	0,829 aB	0,168 bA	0,305	0,233	0,358 aA	0,286 bAB
240	0,135 aB	0,047 bB	0,745 aB	0,140 bA	0,300	0,225	0,366 aA	0,252 bB
480	0,183 aA	0,068 bA	1,129 aA	0,207 bA	0,268	0,208	0,267 bB	0,273 aAB

DMS Tukey (5%) doses x profundidades para K = 0,016; Ca = 0,321; Mg = NS e Al = 0,062.

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. As comparações no sentido horizontal são com letras minúsculas e no sentido vertical são com letras maiúsculas.

a aplicação do KCl foi feita bem superficialmente e, mesmo que tenha havido grande lixiviação, a maior parte do K ainda se encontrava na superfície. Ocorreu o mesmo em relação ao Ca. Para os teores de Mg trocável, não se observou efeito significativo dos tratamentos; entretanto, há uma tendência de os maiores valores serem encontrados na camada superior, o que se atribui ao Mg contido no calcário. Os resultados encontrados por Guedes (1982) sugerem que, após calagem e adubação potássica, Ca e Mg podem ser retidos na superfície, facilitando a descida do K por lixiviação. Desta

forma, o K poderia ser acumulado no subsolo, onde, se as condições forem desfavoráveis, as raízes não terão capacidade de crescer e absorvê-lo. Em relação ao Al trocável, observa-se que para todas as doses de K<sub>2</sub>O aplicadas os maiores teores foram encontrados na camada superficial, exceto para a dose de 480 kg/ha, o que se supõe ter ocorrido pelo fato de que, com a elevada concentração de K, este desceu em maior quantidade, tendo condições de competir com o Al pelos pontos de troca, deslocando-o para a solução do solo (Tisdale & Nelson 1975, Thomas & Hipp 1968). A inversão

da preferência de K sobre o Al pelos pontos de troca, em função da concentração daquele, foi também encontrado por Nye et al., citados por Guedes (1982), em smectita e caulinita em dois Ultissolos da América do Norte.

Ainda na Tabela 2, numa comparação das médias no sentido vertical, observa-se que, na profundidade de 0 cm a 40 cm, o teor de K disponível aumenta com o aumento da dose de KCl aplicado; e na profundidade de 40 cm a 120 cm, somente a dose de 480 kg/ha de  $K_2O$  apresentou aumento significativo. Trabalhando com solos de características semelhantes, Souza et al. (1979) encontraram baixa retenção de cátions e afirmaram que, como perdas por lixiviação são também função da concentração de cátions, a aplicação de elevadas doses de K levam a perdas acentuadas. Embora seja para as maiores doses de KCl aplicadas que foram encontrados os maiores teores de K disponível, é também verdade que para as maiores doses aplicadas foram maiores as quantidades lixiviadas. Em relação ao Ca, nota-se que na profundidade de 0 cm a 40 cm, a maior dose de  $K_2O$  aplicada corresponde ao maior teor de Ca trocável. Com aumento na concentração de K trocável na solução, houve menor absorção do Ca (Fig. 2), induzindo a manutenção de níveis mais elevados de Ca trocável no solo pelo extrator utilizado (KCl 1N). Na profundidade de 40 cm a 120 cm, o teor de Ca não foi alterado pelas doses de K aplicadas e nem pela calagem, que teve efeito superficial.

De maneira geral, os níveis de Ca e Mg encontrados no perfil são baixos, e os de K, altos (Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais 1976). Estes níveis se refletem nos valores das relações (Ca + Mg)/K, Ca/K, Mg/K e Ca/Mg, conforme pode ser observado pela Tabela 3, indicando um desbalanço na concentração da solução do solo (Bear & Toth 1948, Usherwood 1982, Lopes 1983).

Observa-se que na profundidade de 40 cm a 120 cm são menores os valores das relações Ca/K e Ca/Mg, o que se atribui à alta dose de Ca adicionada com a calagem (Tabela 3). Para as relações (Ca + Mg)/K e Mg/K, ocorreu o inverso.

Para a relação Ca/K, houve interação dos efeitos de métodos de aplicação x profundidade de amostragem. Observam-se maiores valores na pro-

**TABELA 3.** Relações (Ca + Mg)/K, Ca/K e Ca/Mg nas camadas de 0 cm a 40 cm e 40 cm a 120 cm, em função das doses de  $K_2O$  (kg/ha) e dos métodos de aplicação de KCl. Solo LRd. Lavras, MG. 1983.

Variável	Camadas (cm)		
	0 - 40	40 - 120	
(Ca + Mg)/K	9,621 b	10,998 a	
Ca/K	Métodos de aplicação sulco	7,741 aA	4,584 bA
	Faixa de 20 cm	7,027 aA	4,187 bA
	Faixa de 40 cm	5,468 aB	3,615 bA
	Lanço	6,873 aA	4,270 bA
	Média	6,777 a	4,270 b
Mg/K	2,843 b	6,502 a	
Ca/Mg	Doses $K_2O$ kg/ha		
	60	2,713 aB	0,932 bB
	120	2,675 aB	0,990 bAB
	240	2,579 aB	0,817 bB
	480	4,362 aA	1,572 bA
	Média	3,082 a	1,078 b

DMS Tukey (5%) para métodos x profundidade = 1,155.  
DMS Tukey (5%) para doses x profundidades = 0,618.

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. Comparações no sentido horizontal são feitas com letras minúsculas, e no sentido vertical, com maiúsculas.

fundidade de 0 cm a 40 cm, graças ao efeito da calagem feita uniformemente em todo o experimento (Tabela 3). Numa comparação destas mesmas médias, no sentido vertical, observa-se que, para a camada de 0 cm a 40 cm, apenas no método de aplicação em faixa de 40 cm é que a relação foi menor, provavelmente em função de um desbalanço na solução. Na profundidade de 40:120 cm, não houve diferença entre métodos de aplicação.

Para a relação Ca/Mg, observa-se que os maiores valores foram encontrados na profundidade de 0 cm - 40 cm e para doses de 480 kg/ha de  $K_2O$ , sem haver diferença entre as outras doses. Infe-

-se, daí, que na dose mais elevada, provavelmente o K competiu mais facilmente com o Mg pelos sítios de troca, liberando-o para a solução do solo. A tendência foi a mesma na profundidade de 40 cm a 120 cm.

Estas relações são freqüentemente calculadas pra se identificar qual o melhor balanço do K com o Mg e com o Ca trocáveis. Usherwood (1982) não encontrou boa correlação entre as relações Ca/K e/ou (Ca + Mg)/K para os solos e culturas. Nas

Fig. 2 e 3 observam-se estes efeitos. À medida que foram aumentadas as doses de  $K_2O$  aplicadas, diminuíram os teores de Ca e Mg (Fig. 2) e as relações (Ca + Mg)/K, Ca/K e Mg/K (Fig. 3) nas folhas do milho, apesar de não ter sido notada diferença significativa na produção quando se aumentou a dose de  $K_2O$  aplicada. Estes resultados concordam com os encontrados por Usherwood (1982), em observações durante três anos, em solos bastante intemperizados do Brasil central, também com

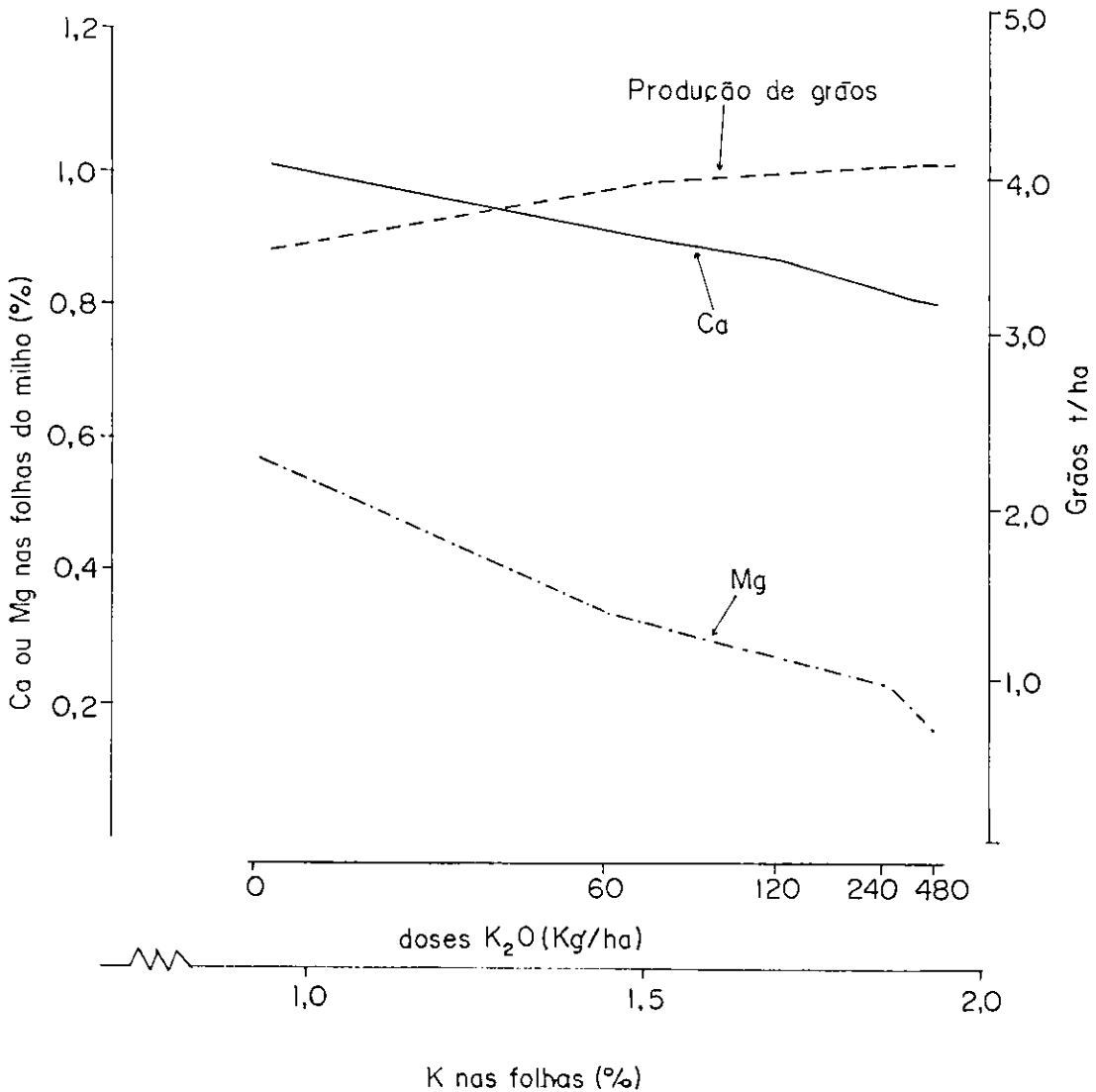


FIG. 2. Teores de Ca, Mg e K (%) encontrados nas folhas do milho e produção de grãos (t/ha), em relação as doses de  $K_2O$  aplicadas.

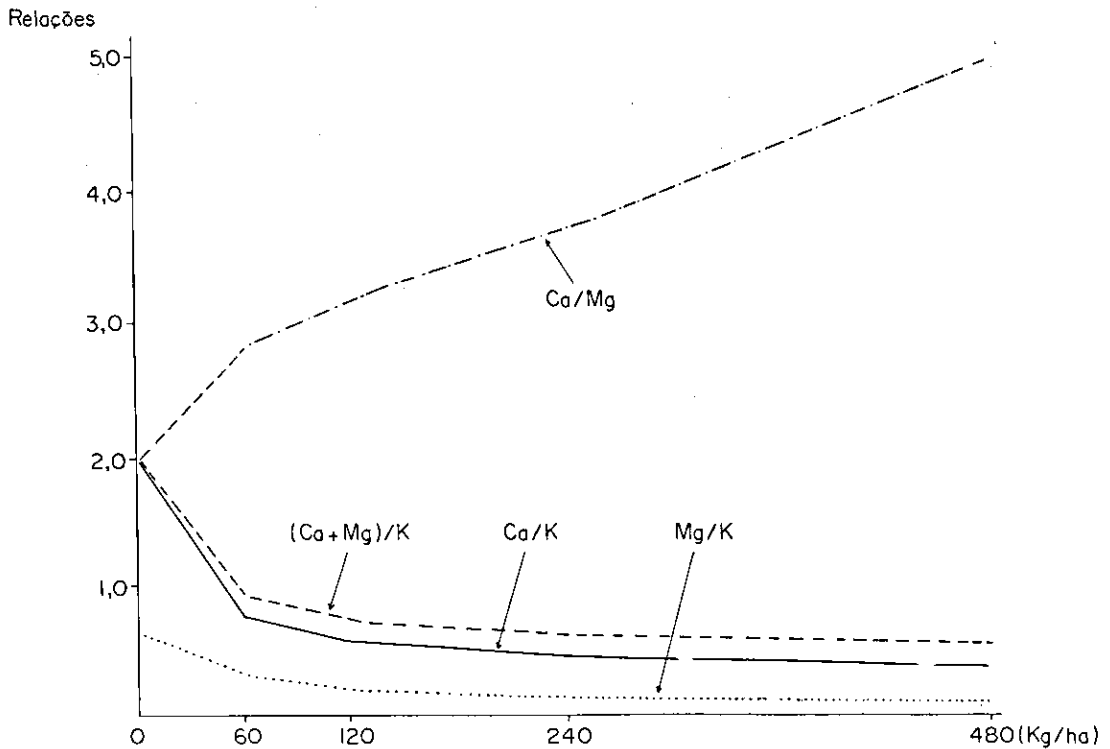


FIG. 3. Tendência nas variações das relações  $(Ca + Mg)/K$ ,  $Ca/K$ ,  $Mg/K$  e  $Ca/Mg$  nas folhas do milho cultivado em um LRd, em função do aumento das doses de  $K_2O$  aplicadas.

resultados de Boswell & Parks citados por Murphy (1980) e Ritchey & Silva (1982).

Os dados discutidos podem ter grande aplicação agrônômica no que diz respeito à concentração da solução do solo. Maior precipitação induzindo maior quantidade de água no solo provocará uma diluição da solução e maior adsorção de íons divalentes e trivalentes em relação aos monovalentes. Relacionando estes conceitos com os efeitos do manejo de uma adubação potássica em solos que são de baixíssima CTC, com predominância de caulinita, óxidos e hidróxidos de Fe e Al e que em geral necessitam grandes doses de calcário para precipitar o Al e aumentar o pH, pode-se inferir que: se a solução contiver elevada quantidade de íons di e trivalentes em função do manejo inadequado, uma diluição dessa solução provocará, com certeza, maior lixiviação de K em relação aos outros cátions.

## CONCLUSÕES

1. Aumentos nas doses de  $K_2O$  aplicadas implicam maiores teores de K disponível no solo.
2. Doses elevadas de  $K_2O$  implicam maiores alterações nos teores de Ca trocável do que de Mg trocável, no solo.
3. Doses elevadas de  $K_2O$  implicam aumentos substanciais na relação  $Ca/Mg$ , no solo sem interferência marcante nas relações  $Ca + Mg/K$ ,  $Ca/K$  e  $Mg/K$ .
4. A não observância dos efeitos de doses de  $K_2O$  nas relações  $(Ca + Mg)/K$ ,  $Ca/K$  e  $Mg/K$  no solo e as reduções sensíveis nestes parâmetros na folha do milho sugerem que apenas uma análise do solo no final do ciclo não é suficiente para avaliar o equilíbrio de cátions no solo.



## REFERÊNCIAS

- BEAR, F.C. & TOTH, S.J. Influence of calcium on availability of the soil cations. *Soil Sci.*, 65(1):69-74, 1948.
- BOUYOUCOS, C.J. The hydrometer method in the study of soils. *Soil Sci.*, 25:365-9, 1928.
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS, Belo Horizonte, MG. *Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais; 3ª aproximação*. Belo Horizonte, EPAMIG, 1976. 80p.
- CURI, N. *Lithosequence and toposequence of Oxisol from Goiás and Minas Gerais States, Brazil*. West Lafayette, Purdue University 1983. 158p. Tese Ph.D.
- FASSBENDER, H.W. *Química de suelos; con énfase en suelos da América Latina*. São José, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1980. 398p.
- GUEDES, G.A.A. *Effects of lime, P and water placements on corn responses and selected chemical properties of a Florida Ultisol*. Gainesville, University of Florida, 1982. 208p. Tese Ph.D.
- HUNTER, H.A. *Laboratory analysis of vegetal tissues samples*. Raleigh, International Soil Fertility, Evaluation and Improvement Program North Carolina State University, 1975a. 5p.
- HUNTER, H.A. *Soil analysis for pH, 1N KCl extractable acidity, NH<sub>4</sub>, Ca and Mg*. Raleigh, International Soil Fertility, Evaluation and Improvement Program North Carolina State University, 1975b. 3p.
- JACKSON, M.L. *Soil chemical analysis*. Englewood Cliffs, Prentice Hall, 1958. 498p.
- JACKSON, M.L. *Soil chemical analysis; advanced course*. 2. ed. Madison, University of Wisconsin, 1969. 875p.
- KAMPRATH, E.J. & FOY, C.D. Lime-fertilizer plant interaction in acid soils. In: OLSON, R.A. *Fertilizer technology and use*. 2. ed. Madison, Soil Science Society of American, 1971. p.105-51.
- LOPES, A.S. *Solos sob cerrado; características, propriedades e manejo*. Piracicaba, Instituto da Potassa & Fosfato/Instituto Internacional da Potassa, 1983. 162p.
- LOPES, A.S. *A survey of the fertility status of soils "cerrado" vegetation in Brazil*. Raleigh, North Carolina State University, 1975. 138p. Tese Mestrado.
- MALAVOLTA, E. & GARGANTINI, H. *Nutrição mineral e adubação*. In: INSTITUTO BRASILEIRO DA POTASSA, São Paulo, SP. *Cultura e adubação do milho*. São Paulo, 1966. 541p.
- MUNSON, R.D. Interaction of potassium and other ions. In: KILMER, V.J.; YOUNTS, S.E.; BRADY, N.C. *The role of potassium in agriculture*. Madison, American Society of Agronomy, 1968. p.321-53.
- MURPHY, L.S. Potassium interaction with other elements. In: POTASH & PHOSPHATE INSTITUTE, Atlanta, EUA. *Potassium for agriculture; a situation analysis*. Atlanta, 1980. p.183-203.
- RITCHEY, K.O. & SILVA, J.E. *Adubação potássica em solos de cerrado*. In: SIMPÓSIO SOBRE O POTÁSSIO NA AGRICULTURA BRASILEIRA, Londrina, 1982. Anais. Piracicaba, Instituto da Potassa & Fosfato, 1982. p.323-38.
- SILVA, J.E. *Balanço do cálcio e magnésio e desenvolvimento do milho em solos sob cerrado*. *Pesq. agropec. bras.*, 15(3):329-33, 1980.
- SOUZA, D.M.G.; RITCHEY, K.D.; LOBATO, E.; GOEDERT, W.J. *Potássio em solo de cerrado. II. Balanço no solo*. *R. bras. Ci. Solo*, 3(1):33-6, 1979.
- THOMAS, G.W. & HIPPEL, B.W. Soil factors affecting potassium availability. In: KILMER, V.J.; YOUNTS, S.E.; BRADY, N.C. *The role of potassium in agriculture*. Madison, American Society of Agronomy, 1968. p.269-91.
- TISDALE, S.L. & NELSON, W.L. *Soil fertility and fertilizers*. New York, MacMillan, 1975. 694p.
- USHERWOOD, N.R. *Interação do potássio com outros íons*. In: SIMPÓSIO SOBRE O POTÁSSIO NA AGRICULTURA BRASILEIRA, Londrina, 1982. Anais. Piracicaba, Instituto da Potassa & Fosfato, 1982. p.227-47.
- VETTORI, L. *Métodos de análise de solos*. Rio de Janeiro, Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo, 1969. 24p. (Boletim técnico, 7)