



Revista Brasileira de Ciência do Solo

ISSN: 0100-0683

revista@sbcs.org.br

Sociedade Brasileira de Ciência do Solo
Brasil

Pinto Della Flora, Lisandra; Ernani, Paulo Roberto; Cassol, Paulo Cesar
MOBILIDADE DE CÂTIONS E CORREÇÃO DA ACIDEZ DE UM CAMBISSOLO EM FUNÇÃO DA
APLICAÇÃO SUPERFICIAL DE CALCÁRIO COMBINADO COM SAIS DE POTÁSSIO

Revista Brasileira de Ciência do Solo, vol. 31, núm. 6, 2007, pp. 1591-1598

Sociedade Brasileira de Ciência do Solo

Viçosa, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=180214061035>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal

Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

SEÇÃO VI - MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA

MOBILIDADE DE CÂTIONS E CORREÇÃO DA ACIDEZ DO CAMBISSOLO EM FUNÇÃO DA APLICAÇÃO SUPERFICIAL DE CALCÁRIO COMBINADO COM SAIS DE POTÁSSIO⁽¹⁾

Lisandra Pinto Della Flora⁽²⁾, Paulo Roberto Ernani⁽³⁾ & Paulo Cesar Cassol

RESUMO

A menor reatividade do calcário abaixo dos locais de aplicação deve-se principalmente à sua baixa solubilidade, ao aumento das cargas negativas nas camadas aplicadas devido ao aumento do pH e à pequena permanência dos ânions adicionados na solução do solo. O presente trabalho teve por objetivo avaliar o efeito da adição de ânions a partir de sais de K sobre a superfície do solo, no incremento da reatividade do calcário e na mobilidade de seus cátions em um Cambissolo Húmico. O experimento foi realizado em 2005, em solo com 360 g kg⁻¹ de argila, 60 g kg⁻¹ de matéria orgânica e pH 4,1. Foram utilizadas três doses de calcário dolomítico (0, 0,74 e 1,48 kg m⁻²), combinadas com 40 g m⁻² de K, na forma de KCl ou de KNO₃, e com uma testemunha sem K, todos incorporados no primeiro centímetro da coluna do solo. As unidades experimentais (colunas de PVC com 10 x 30 cm, contendo 1,5 kg de solo) foram percoladas 21 vezes, a cada sete dias, com 300 mL de água destilada por semana, totalizando o equivalente a 800 mm de chuva. Os sais potássicos lixiviaram muito mais Ca e Mg do que o calcário. Na média dos três tratamentos de calagem, a adição dos sais aumentou a lixiviação total de Ca, Mg e K, respectivamente de 36 para 132 mg, de 5,8 para 26 mg e de 25 para 51 mg/coluna, relativamente ao tratamento sem adição de sal. Na ausência dos sais, a aplicação da maior dose de calcário dolomítico lixiviou apenas 5 mg de Ca e 1,2 mg/coluna de Mg, em relação ao tratamento sem calcário. A calagem superficial afetou o pH do solo e a concentração de Ca, Mg e Al trocável até a profundidade máxima de 5,0 cm, cujas alterações foram quase sempre proporcionais à dose aplicada, porém não foram influenciadas pela adição dos sais. A aplicação dos fertilizantes potássicos não influenciou a capacidade reativa do calcário aplicado na superfície do solo.

Termos de indexação: calagem superficial, cloreto de potássio, nitrato de potássio, lixiviação.

⁽¹⁾ Parte da Tese de Mestrado do primeiro autor apresentada ao Centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade de Santa Catarina – CAV/UDESC. Recebido para publicação em novembro de 2006 e aprovado em junho de 2007.

SUMMARY: CATION MOBILITY AND ACIDITY DECREASE IN A HAPLUMBREPT DUE TO SURFACE LIMING COMBINED WITH POTASSIUM FERTILIZERS

The low reactivity of lime below the application layer is mainly due to its low solubility, to the increase in soil negative charge in the applied zones, and to the short permanence of anions of added anions in the soil solution. This study was carried out to evaluate the effect of anions added as potassium salts on increasing the reactivity of surface-applied limestone. The experiment was carried out in 2005 on a Haplumbrept (360 g kg⁻¹ clay, 60 g kg⁻¹ organic matter, and pH 4.1). Three rates of dolomitic lime (0, 0.74 and 1.48 kg m⁻²) were combined or not with 40 g m⁻² K as KCl or KNO₃, all mixed with the top one centimeter of the soil. The experimental units (10 x 30 cm PVC columns containing 1.5 kg soil) were percolated 21 times at weekly intervals with 300 mL distilled water, totalizing a volume equivalent to 800 mm rain. Potassium salts leached much more Ca and Mg than lime. Averaged across liming treatments, the salts increased total leaching from 36 - 136 mg for Ca, 5.8 - 26 mg for Mg, and 25 - 51 mg/column for K compared to the treatment without salts. In the absence of salts, the highest limestone rate resulted in leaching of only 5 mg Ca and 1.2 mg/column of Mg. Surface liming affected soil pH and exchangeable Ca, Mg and Al down to a maximum depth of 5.0 cm. These soil modifications were almost always proportional to the applied dose, but were not influenced by K salts. Potassium fertilizers had no influence on the reactivity of surface liming.

Index terms: surface liming, potassium chloride, potassium nitrate, leaching.

INTRODUÇÃO

Os solos catarinenses são naturalmente muito ácidos (Ernani & Almeida, 1986); como consequência, o Al e o Mn existem em quantidades fitotóxicas e a disponibilidade de alguns nutrientes é baixa, principalmente de P, com prejuízos para o rendimento da maioria das espécies vegetais. A correção da acidez dos solos pela aplicação de calcário é, portanto, uma prática indispensável para que esses efeitos sejam minimizados e as culturas possam expressar o seu potencial produtivo.

Como os calcários agrícolas possuem baixa solubilidade, recomenda-se incorporá-los ao solo para aumentar a reatividade. Quando a calagem é realizada sobre a superfície do solo, a exemplo do que acontece no sistema plantio direto, seus efeitos na correção da acidez e na alteração de outros atributos (neutralização do Al e aumento de Ca e de Mg no perfil) normalmente se restringem a poucos centímetros abaixo da superfície (Pottker & Ben, 1998; Ernani et al., 2001; Amaral et al., 2004a; Alleoni et al., 2005; Caires et al., 2006), principalmente em solos com alto tamponamento (De Maria, 1993; Ernani et al., 2001). Em solos com poder-tampão baixo ou médio, entretanto, a aplicação de calcário sobre a superfície do solo tem melhorado o ambiente radicular (Leite et al., 2006), com incrementos em alguns atributos químicos até profundidades iguais ou maiores que

(Mielniczuk et al., 1995). A magnitude dessa variação varia com o tipo de solo, com a dose de calcário (Caires & Anghinoni, 2001; Fidalski & Tormena, 2002; et al., 2006), com o período transcorrido após a aplicação (Rheinheimer et al., 2000; Fidalski & Tormena, 2002; Caires et al., 2006), com a quantidade de resíduos vegetais acumulados na superfície (Pikul & Caires, 1986) e com o sistema de manejo do solo.

Acredita-se que a ação benéfica da calagem superficial sobre os atributos do solo bem como a ocorrência de locais de aplicação ocorre devido à combinação de fatores, dentre os quais a formação de canais e profundos originados da morte das raízes e da atividade da macrobiota (minhocas e outros organismos) e a associação de metais com compostos orgânicos hidrossolúveis liberados pela decomposição de resíduos orgânicos usados na cobertura de solo (Franchini et al., 2004a). Como a mobilidade de partículas finas de calcário (Fidalski et al., 2004a). Como as características químicas variam muito entre os solos e sobre as condições de cultivo e de manejo, a importância relativa de cada um desses fatores também varia bastante.

Além da elevação do pH, muitas vezes recomendada, se, com a calagem, elevar os teores de Ca no perfil até 40 cm de profundidade ou mesmo somente para aumentar a disponibilidade de Ca para as plantas, mas também para diminuir a toxicidade causada pelo Al³⁺. Os cátions de

permanecem por muito pouco tempo na solução do solo, uma vez que reagem rapidamente com os ácidos (H^+ + Al). Com isso, a maior parte desses cátions migra para as cargas negativas que são criadas pelo aumento do pH (De Maria, 1993; Ernani et al., 2001) ou desobstruídas pela precipitação do Al^{3+} .

A adição de sais neutros, diferentemente do calcário, promove a descida rápida de cátions e ânions no solo (Ernani, 1986; Silva et al., 1998), porque não altera significativamente o número de cargas elétricas e mantém parte desses íons na solução do solo (Ernani et al., 2006). O gesso agrícola ($CaSO_4$) tem sido o sal mais usado com o objetivo principal de aumentar a concentração de Ca e SO_4^{2-} em profundidade (Ernani, 1986; Ernani & Barber, 1993; Silva et al., 1998; Ernani et al., 2001). Esse fenômeno também pode ser conseguido por meio da utilização de outros fertilizantes, de uso mais comum do que o gesso na agricultura. Ernani et al. (2003) aplicaram KCl em doses de até 200 mg kg^{-1} de K a dois solos catarinenses e constataram que nesta dose a concentração de K no efluente da primeira percolação aumentou em até quatro vezes, e a de Ca e Mg , em até 70 %. Assim, a adição de sais neutros sobre a superfície do solo, juntamente com os corretivos da acidez, pode aumentar a mobilidade descendente de Ca e Mg no perfil, por manter parte de seus ânions na solução do solo e, com isso, aumentar a dissolução do calcário.

O presente trabalho teve por objetivo avaliar o efeito da adição de ânions provenientes de fertilizantes potássicos na reatividade do calcário dolomítico e na mobilidade vertical de seus cátions, quando aplicados sobre a superfície de um Cambissolo Húmico.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em laboratório, no Centro de Ciências Agroveterinárias (CAV) da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), em Lages, SC, em 2005, sem ajuste artificial da umidade relativa e da temperatura ambiente. Foram utilizadas amostras de um Cambissolo Húmico alumínico (CHa), coletadas na camada de 0 a 20 cm de profundidade, em área de vegetação campestre nativa com predomínio de espécies gramíneas, no município de Lages. Após a coleta, as amostras foram passadas em peneira com malha de 0,5 cm. Elas apresentavam $pH-H_2O = 4,1$, $Al^{3+} = 7,0 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, $Ca^{2+} = 0,6 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, $Mg^{2+} = 0,2 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, P (Mehlich-1) = $1,8 \text{ mg kg}^{-1}$, K (Mehlich-1) = 58 mg kg^{-1} , argila = 360 g kg^{-1} e matéria orgânica = 60 g kg^{-1} .

As unidades experimentais foram constituídas por colunas de lixiviação, confeccionadas a partir de tubos de PVC com 30 cm de altura e 10 cm de diâmetro,

diâmetro, para permitir a drenagem da solução percolada, sobre o qual, internamente, foi colada uma película plástica com malha de 1 mm de abertura para evitar a passagem de solo. Cada coluna foi fechada na base com um funil plástico flexível, confeccionado com sacos plásticos transparentes, para evitar a perda de efluente e direcionar a solução percolada para frascos de coleta, localizados abaixo delas. Para cada coluna, foi adicionado $1,50 \text{ kg}$ de solo ($H = 105^\circ C$), perfazendo uma camada de 25 cm com volume de $1,9 \text{ dm}^3$. Os 5 cm da parte superior de cada coluna não foram preenchidos com solo para facilitar a adição da água por ocasião das percolações. Uma folha de papel-filtro foi colocada sobre a superfície do solo, para permitir a distribuição uniforme

Os tratamentos consistiram de um fator de correção com doses de calcário (0, 0,74 e $1,48 \text{ kg m}^{-2}$) e dois de potássicos (sem sal, KCl ou KNO_3). As quantidades de calcário utilizadas (0, 5,5 e $11,0 \text{ kg m}^{-2}$) equivaleram a um terço e dois terços da dose recomendada pelo método SMP para elevação da acidez do solo da camada de 0 a 20 cm para 6,0, o que equivale a 20 t ha^{-1} (PRNT 100 %). O corretivo da acidez produzido em laboratório pela mistura de $MgCO_3$ na relação $Ca:Mg$ de 3:1. Foram utilizados reagentes pró-análise, previamente passados em peneira com abertura de 0,054 mm. Os sais potássicos (KCl e KNO_3) foram adicionados nas quantidades de, respectivamente, de 630 e $860 \text{ mg por coluna}$ (10 cm^2 de K), equivalendo a uma dose de 40 g m^{-2} de K , o objetivo de simular a concentração que ocorre no próximo dos grânulos de fertilizantes no solo. Com o objetivo de evitar a formação de crostas na superfície do solo, os sais potássicos e o calcário foram acidificados manualmente e homogeneizados com 60 g de solo (base seca) por 10 cm^2 de volume foi depositado na parte superficial de cada coluna e correspondeu a uma camada com espessura de 1 cm . Foram utilizadas três repetições por tratamento.

Após serem preenchidas com solo, as colunas foram acondicionadas verticalmente em suportes de madeira cuja base ficou 20 cm acima da superfície do balcão. As percolações iniciaram-se uma semana após a transferência do solo para as colunas. E após repetidas a cada sete dias, durante 21 semanas, para cada percolação, adicionaram-se 300 mL de solução destilada sobre a superfície de cada coluna com velocidade de 5 mL min^{-1} . A solução percolada foi coletada no dia seguinte, para determinação do pH e das concentrações de Ca , Mg e K . A acidez foi determinada por meio de potenciometria; o cálcio por espectrofotometria de absorção atômica e o potássio por espectrofotometria de emissão, todos conforme descrito por Tedesco et al. (1995).

Após término das 21 percolações, as colunas

verticalmente numa das extremidades, com serra elétrica manual, para retirada das colunas de solo. A seguir, o solo foi separado, por meio de uma serra manual, nas profundidades de 0–2,5; 2,5–5,0; 5,0–7,5; 7,5–10,0; 10,0–15,0; 15,0–20,0; e 20,0–25,0 cm. As amostras de solo foram secas inicialmente em temperatura ambiente, durante 10 dias, e posteriormente em estufa com circulação forçada de ar, a 60 °C, durante três dias. Nelas, foram determinados os valores de pH em CaCl_2 0,01 mol L⁻¹ e as concentrações de Ca, Mg, K e Al trocáveis. Os teores de Ca, Mg e Al foram extraídos com solução de KCl 1,0 mol L⁻¹, e o K, com Mehlich-1. Esses cátions foram determinados pelos mesmos procedimentos usados para quantificá-los nas soluções percoladas; o Al trocável foi determinado por meio de titulação com NaOH.

Os resultados das quantidades totais de cada nutriente lixiviadas nas 21 percolações de água foram submetidas à análise da variância (ANOVA), considerando o delineamento de blocos casualizados. Quando houve significância, as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey a 5 %. Cada atributo na fase sólida do solo foi avaliado também pela ANOVA, porém considerando a profundidade como a subparcela.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As concentrações de Ca e de Mg lixiviadas após as 21 percolações de água destilada tiveram aumento muito pequeno em decorrência da aplicação do corretivo

da acidez sobre a superfície do solo (Figura 1). Na média dos tratamentos do fator sal, o Ca aumentou de 95 mg/coluna, onde não foi aplicado calcário, para 100 mg/coluna na média dos tratamentos com calcagem, enquanto o Mg aumentou de 15,3 para 21,6 mg/coluna, respectivamente. Aproximadamente só 0,3 % do Ca e 0,8 % do Mg foram lixiviados pela menor dose de calcário sobre a superfície do solo. Esse pequeno incremento é consequência da baixa solubilidade do calcário aplicado, após subtrair as quantidades lixiviadas do tratamento sem calcário. Esse pequeno incremento proporcionado na lixiviação de Ca e Mg pela aplicação do calcário é decorrente da elevação do pH na zona de aplicação (Albuquerque et al., 2003) e da baixa permeabilidade do solo dos ânions adicionados pela aplicação do calcário. Ernani et al. (2001) encontraram quantidades maiores de Ca e Mg quando o calcário foi incorporado ao solo, mesmo sem a adição de nutrientes, devido ao maior contato do corretivo com o solo, provocado pela incorporação, e à menor distância percorrida pelo efluente dentro da camada de solo sem calcário.

A aplicação dos sais potássicos lixiviou mais Ca e Mg do que a calagem (Figura 1). Na média dos tratamentos com calcário (0, 0,74 e 1,48 kg m⁻²), o Ca aumentou de 36 mg/coluna, onde não foi aplicado nenhum sal, para 132 mg/coluna na média dos tratamentos com sais, enquanto a lixiviação de Mg aumentou de 26 mg/coluna, respectivamente. A maior lixiviação desses cátions ocasionada pela aplicação de fertilizantes potássicos ocorreu porque eles foram deslocados das cargas elétricas negativas da

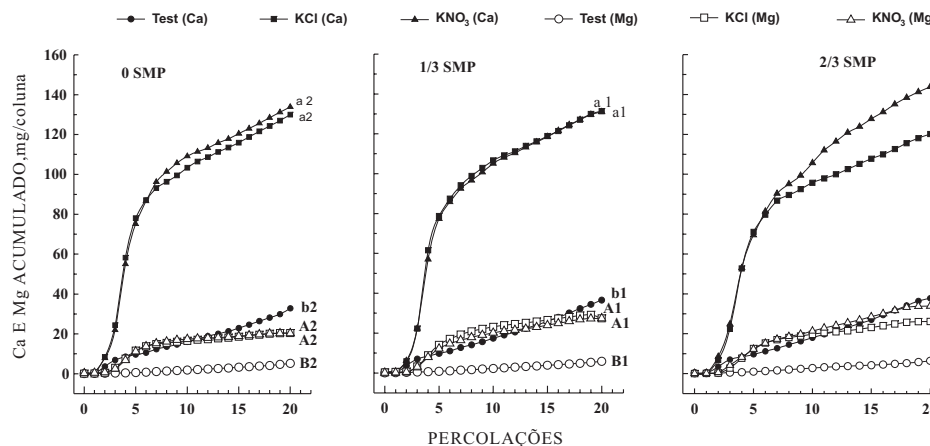


Figura 1. Quantidades de cálcio e magnésio percoladas em função da adição de doses de calcário (0, 1/3 e 2/3 da recomendação do método SMP para pH-H₂O 6,0) combinadas com sais de potássio aplicados na superfície de um Cambissolo Hápico. Médias seguidas pela mesma letra ou número não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5 %.

K adicionado, que teve sua atividade aumentada na solução do solo (Ernani & Barber, 1993). Esse incremento em profundidade não significa, entretanto, que a adição dos sais irá aumentar a disponibilidade desses dois nutrientes para as plantas indefinidamente, uma vez que o aumento da concentração deles na solução do solo é temporário (Ernani et al., 2001). Apesar disso, pode ser importante para algumas espécies, pois coincide com o período inicial de crescimento e desenvolvimento das plantas, em que elas podem absorver e acumular os nutrientes do solo com mais eficiência. Além disso, a grande mobilidade de Ca e de Mg promovida pelos sais de K – que aumentaram em até 3,6 a lixiviação de Ca e em até 4,5 vezes a de Mg – mostra que o fluxo preferencial de líquidos em colunas de solo, uma preocupação constante dos pesquisadores, caso tenha acontecido, foi de pequena magnitude.

As quantidades de K percoladas diferiram entre as doses do corretivo da acidez (Figura 2). A maior percolação de K ocorreu na ausência de calcário e correspondeu a 55 mg/coluna, na média dos dois sais. A adição da maior dose do calcário dolomítico ($1,48 \text{ kg m}^{-2}$) diminuiu a quantidade total percolada de K para 51 mg/coluna. Essa diminuição foi também observada por outros autores (Soprano & Alvarez V., 1989; Chaves & Libardi, 1995; Ernani et al., 2003) e se deve ao aumento de cargas elétricas negativas em decorrência da elevação do pH na camada mais superficial do solo (Albuquerque et al., 2003), para as quais parte do K migrou (De Maria et al., 1993; Ernani et al., 2003). A magnitude da diminuição na mobilidade de K promovida pela calagem é proporcional à espessura da camada corrigida em função do maior incremento nas cargas elétricas negativas.

A lixiviação de K aumentou com a adição dos sais potássicos, e não houve diferença entre os ânions

acompanhantes (Figura 2). A quantidade percolada aumentou de 25 mg/coluna, no tratamento sem sal, para 51 mg/coluna na média dos tratamentos onde foi aplicado KCl e KNO_3 , e isso ocorreu com a aplicação dos fertilizantes potássicos a uma concentração de K na solução (Ernani & Barber, 1993; Ernani et al., 2007), favorecendo o deslocamento vertical do nutriente com o fluxo descendente.

O comportamento das curvas de lixiviação ao longo das adições de água não foi afetado pelos sais ou do corretivo da acidez sobre a superfície do solo (Figura 2). Nos tratamentos em que foi aplicado K, a concentração máxima de K lixiviado foi de 5 mg L^{-1} , ao passo que na média dos tratamentos com os fertilizantes a concentração de K na solução atingiu 22 mg L^{-1} entre a quinta e a sexta percolação. Apesar de a mobilidade do K ter sido relativamente rápida e a concentração no efluente ter aumentado até cinco vezes relativamente à testemunha, a quantidade total de K que saiu da coluna foi inferior a 9 % do K aplicado pelos fertilizantes, após a subtração da quantidade lixiviada do tratamento sem K. Nas últimas oito percolações, a concentração no efluente diminuiu para aproximadamente 1 mg L^{-1} , independentemente da adição ou não de sais potássicos (Figura 2).

O pH da solução percolada não foi afetado pela aplicação do corretivo da acidez, porém diminuiu com a adição dos sais potássicos (dados não mostrados). É importante ressaltar que as doses de calcário foram aplicadas na superfície do solo, com incorporação a 1 cm apenas. Assim, a solução que percolou passou inicialmente por uma camada de solo com valores de pH, porém pouco espessa (inferior a 1 cm) e a seguir por uma outra, com pH baixo e bastante trocável, porém bastante espessa. Ernani et al.

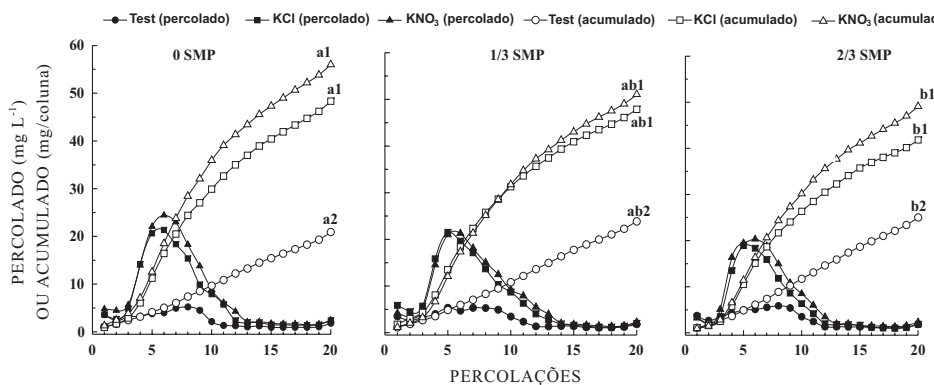


Figura 2. Concentração de potássio percolado e acumulado em função da adição de doses de calcário (0, 1/3 e 2/3 da recomendação do método SMP para pH H₂O 6,0) combinadas com sais de potássio a

verificaram que a adição de calcário a um solo ácido diminuiu o pH da solução que percolou inicialmente pela camada com acidez corrigida e, a seguir, mais abaixo, pela camada de solo que continha Al trocável. Segundo esses autores, o Ca e o Mg adicionados pelo calcário migraram no solo até onde havia Al trocável, nos centímetros superficiais da camada sem calcário, e deslocaram o Al^{3+} das cargas negativas, o qual, ao hidrolisar, liberou H^+ e diminuiu o pH do efluente. No presente trabalho, os sais potássicos diminuíram o pH da solução percolada de 4,8 para 3,7 devido ao deslocamento do Al^{3+} pelo K^+ (Ernani & Barber, 1993; Ernani et al., 2003), sem efeito do ânion acompanhante.

A adição do corretivo da acidez sobre a superfície do solo aumentou o Ca e o Mg trocáveis somente nos centímetros superficiais, até um máximo de 5 cm, proporcionalmente à dose aplicada (Figura 3). Na ausência da calagem, as concentrações de Ca e Mg não variaram em todo o perfil, e as médias foram de 0,3 e 0,2 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$, respectivamente. A aplicação superficial de um terço da dose do corretivo recomendada pelo índice SMP para elevar o pH a 6,0 aumentou o Ca e o Mg trocáveis somente na camada de 0–2,5 cm, para, respectivamente, 16 e 3 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$, na média do fator sal, diferindo da maior dose (2/3-SMP), na qual os valores médios atingiram 25 e 5 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$, respectivamente. Na maior dose de calcário, o Ca aumentou também só até 2,5 cm, porém o Mg se deslocou até a profundidade média de 5 cm.

A pequena mobilidade de Ca e de Mg deve-se à baixa solubilidade do corretivo, que, ao entrar em contato com pequeno volume de solo, tem sua dissolução dificultada. Além disso, o aumento das cargas negativas decorrentes da elevação do pH na camada mais superficial e a reatividade dos ânions orgânicos com os ácidos do solo contribuem para a baixa mobilidade de seus cátions. Mobilidades de Ca e Mg maiores do que essas, até 10 cm de profundidade, foram encontradas por Rheinheimer et al. (2002) na adição de calcário sobre a superfície do solo em um experimento de longa duração, e por Quaresima (1982), em cujo estudo esses cátions atingiram até 40 cm quando o corretivo foi incorporado ao solo juntamente com KCl. As diferenças nas mobilidades dos cátions integrantes do calcário entre diferentes experimentos podem se devem principalmente à variabilidade da capacidade tampão dos solos, aliada à dose de calcário e à duração dos estudos. A adição de ânions orgânicos pelos sais potássicos não influenciou a deslocação do Ca ou do Mg oriundos do calcário.

A adição de corretivo de acidez sobre a superfície do solo diminuiu o Al trocável e aumentou o Ca e o Mg trocáveis somente nos centímetros superficiais do solo, não havendo diferença entre as duas doses (Figura 3). Na ausência de calcário, a concentração média de Al trocável em toda a espessura da coluna foi de 6,5 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$, enquanto o pH- CaCl_2 foi de 3,8. A aplicação superficial do calcário diminuiu o Al^{3+} até 5 cm, porém,

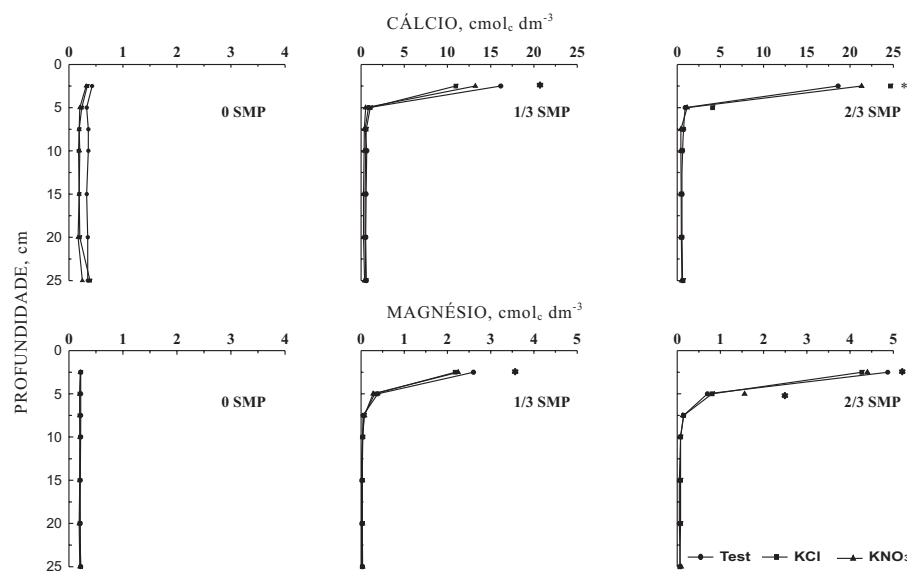


Figura 3. Concentração de cálcio e magnésio trocáveis em colunas de um Cambissolo Húmico, em cm profundidades, devido à aplicação superficial de doses de calcário (0, 1/3 e 2/3 da recomendação).

MOBILIDADE DE CÁTIONS E CORREÇÃO DA ACIDEZ DE UM CAMBISSOLO EM FUNÇÃO...

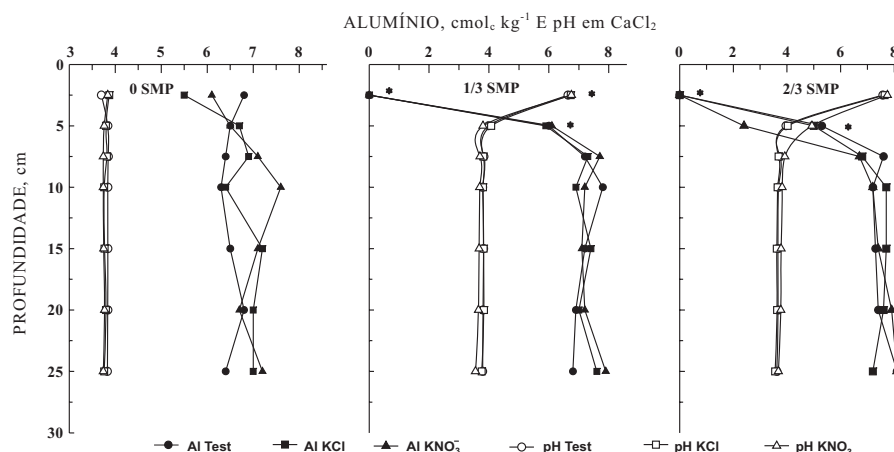


Figura 4. Valores de alumínio trocável e de pH- CaCl_2 em colunas de um Cambissolo Húmico, em diferentes profundidades, devido à aplicação superficial de doses de calcário (0, 1/3 e 2/3 da recomendação SMP para pH- H_2O 6,0) combinadas com sais de potássio, após 21 adições de água. Pr * ao lado da profundidade de cada atributo significa diferença estatística para a média do potássio dessa profundidade, em relação às médias das profundidades sem a existência de *, mesma dose de calcário.

o pH somente até 2,5 cm, independentemente da aplicação ou não dos sais potássicos (Figura 4). Essa baixa reatividade do calcário abaixo dos locais de aplicação também foi encontrada por vários autores em solos da região Sul do Brasil (Pottker & Ben, 1998; Rheinheimer et al., 2000; Ernani et al., 2001; Amaral et al., 2004a; Alleoni et al., 2005). Em algumas situações, entretanto, a elevação do pH tem acontecido até camadas bem abaixo daquelas onde o calcário é aplicado (Quaggio et al., 1982; Leite et al., 2006), provavelmente devido ao baixo tamponamento dos solos utilizados. Apesar de a adição dos fertilizantes potássicos ter aumentado a lixiviação de Ca e de Mg, esses adubos não influenciaram o pH e o Al^{3+} em nenhuma profundidade (Figura 4).

A magnitude das modificações nos atributos químicos do solo decorrentes da aplicação superficial de calcário encontradas neste experimento é semelhante às observadas por autores que trabalharam com calagem em superfície em experimentos de campo (Pottker & Ben, 1998; Rheinheimer et al., 2000; Amaral & Anghinoni, 2001; Alleoni et al., 2005; Caires et al., 2006). Nesses trabalhos, as doses de calcário variaram de 0,7 a 17 Mg ha^{-1} , com tempo de reação de até cinco anos, e as profundidades afetadas variaram até 2,5 cm para pH e Al^{3+} , e até 12,5 cm para Ca^{2+} e Mg^{2+} . Amaral et al. (2004b), por sua vez, encontraram partículas finas de calcário até 20 cm de profundidade e atribuíram o aumento de Ca^{2+} e Mg^{2+} na subsuperfície do solo ao

de calcário sobre a superfície, sem incorporação no solo. Elas incluem a associação de matéria orgânica com compostos orgânicos hidrossolúveis liberados pela decomposição vegetal (Franchini et al., 1999), o deslocamento de ânions resultantes da reação do calcário (Amaral & Anghinoni, 2001; Ernani et al., 2001) e a migração de partículas finas de calcário (Petrere & Anghinoni, 2001; Amaral et al., 2004b). A importância relativa de cada uma dessas formas de movimentação, entretanto, varia com a dose aplicada (Rheinheimer et al., 2000; Leite et al., 2006), com o tempo decorrido (Caires et al., 2006), com o regime pluviométrico (Caires et al., 1998; Rheinheimer et al., 2000; Anghinoni, 2001; Albuquerque et al., 2006).

CONCLUSÕES

1. A movimentação vertical descendente de Mg em um Cambissolo Húmico foi promovida pela adição de 40 g m^{-2} de K, na forma de KNO_3 , do que pela aplicação de até 1,48 Mg ha^{-1} de calcário dolomítico. O incremento na lixiviação promovido pelos sais foi de 3,7 vezes para Ca e 1,4 vezes para Mg, porém, nos tratamentos com calcário, foi de apenas 2 % para o Ca e de até 45 % para o Mg.

2. A adição dos fertilizantes potássicos

LITERATURA CITADA

- ALBUQUERQUE, J.A.; BAYER, C.; ERNANI, P.R.; MAFRA, A.L. & FONTANA, E.C. Aplicação de calcário e fósforo e estabilidade da estrutura de um solo ácido. R. Bras. Ci. Solo, 27:799-806, 2003.
- ALLEONI, L.R.F.; CAMBRI, M.A. & CAIRES, E.F. Atributos químicos de um Latossolo de Cerrado sob plantio direto, de acordo com doses e formas de aplicação de calcário. R. Bras. Ci. Solo, 29:923-934, 2005.
- AMARAL, A.S. & ANGHINONI, I. Alteração de parâmetros químicos do solo pela reaplicação superficial de calcário no sistema plantio direto. Pesq. Agropec. Bras., 36:695-702, 2001.
- AMARAL, A.S.; ANGHINONI, I. & DESCHAMPS, F.C. Resíduos de plantas de cobertura e mobilidade dos produtos da dissolução do calcário aplicado na superfície do solo. R. Bras. Ci. Solo, 28:115-123, 2004a.
- AMARAL, A.S.; ANGHINONI, I.; HINRICHS, R. & BERTOL, I. Movimentação de partículas de calcário no perfil de um Cambissolo em plantio direto. R. Bras. Ci. Solo, 28:359-367, 2004b.
- CAIRES, E.F.; GARBUIO, F.J.; ALLEONI, L.R.F. & CAMBRI, M.A. Calagem superficial e cobertura de aveia preta antecedendo os cultivos de milho e soja em sistema plantio direto. R. Bras. Ci. Solo, 30:87-98, 2006.
- CAIRES, F.E.; CHVEIRI, A.W.; MADRUGA, E.F. & FIGUEIREDO, A. Alterações de características químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicado na superfície em sistema de cultivo sem preparo do solo. R. Bras. Ci. Solo, 22:27-34, 1998.
- CHAVES, L.H.G. & LIBARDI, P.L. Lixiviação de potássio e cálcio mais magnésio influenciada pelo pH. R. Bras. Ci. Solo, 19:145-148, 1995.
- DE MARIA, I.C.; ROSSETO, R.; AMBROSANO, E.J. & DE CASTRO, O.M. Efeito da adição de diferentes fontes de cálcio no movimento de cátions em colunas de solo. Sci. Agric., 50:87-98, 1993.
- ERNANI, P. R.; MANTOVANI, A.; SCHEIDT, F.R. & NESI, C. Mobilidade de nutrientes em solos ácidos decorrentes da aplicação de cloreto de potássio e calcário. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 29., Ribeirão Preto, 2003. Anais. Ribeirão Preto, 2003. CD ROOM
- ERNANI, P.R. & ALMEIDA, J.A. Comparação de métodos analíticos para avaliar a necessidade de calcário dos solos do Estado de Santa Catarina. R. Bras. Ci. Solo, 10:43-150, 1986.
- ERNANI, P.R. & BARBER, S.A. Composição da solução do solo e lixiviação de cátions afetados pela aplicação de cloreto e sulfato de cálcio em um solo ácido. R. Bras. Ci. Solo, 17:41-46, 1993.
- ERNANI, P.R.. Alterações em algumas características químicas da camada arável do solo pela aplicação de gesso agrícola sobre a superfície de campos nativos. R. Bras. Ci. Solo, 10:241-245, 1986.
- ERNANI, P.R.; BAYER, C.; ALMEIDA, J.A. & CAMBRI, M.A. Mobilidade vertical de cátions influenciada pela aplicação de cloreto de potássio em solos com teor de potássio variável. R. Bras. Ci. Solo, 31: 393-402, 2007.
- ERNANI, P.R.; RIBEIRO M.F.S. & BAYER, C. Mudanças químicas em solos ácidos ocasionadas pelo uso de aplicação de corretivos da acidez e de gesso agrícola. R. Bras. Ci. Solo, 25:825-831, 2001.
- FIDALSKI, J. & TORMENA, C.A. Dinâmica de nutrientes superficial em um Latossolo Vermelho distrófico. R. Bras. Ci. Solo, 29:235-247, 2005.
- FRANCHINI, J.C.; MALAVOLTA, E.; MIYAZAKI, S. & PAVAN, M.A. Alterações químicas em solos ácidos sob aplicação de resíduos vegetais. R. Bras. Ci. Solo, 23:542, 1999.
- FRANCHINI, J.C.; MEDA, A.R. & CASSIOLATO, R. Potencial de extratos de resíduos vegetais na solubilização do calcário no solo por método biológico. Sci. Agric., 63:360, 2001.
- LEITE, G.H.M.N.; ELTZ, F.L.P.; AMADO, T.J.C. & CAMBRI, M.A. Atributos químicos e perfil de enraizamento de soja influenciados pela calagem em semeadura direta. R. Bras. Ci. Solo, 30:685-693, 2006.
- MIELNICZUK, J.; BURLE, M. & FERNANDES, S.V. Efeitos da aplicação de calcário em sistemas de cultivo direto do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25., Viçosa, MG, 1995. Resumos. V. 1. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1995. p. 1850, 1995.
- PETRERE, C. & ANGHINONI, I. Alteração de parâmetros químicos no perfil do solo pela calagem superficial em campo nativo. R. Bras. Ci. Solo, 25:885-895, 2001.
- PIKUL, J.L. & ALLMARAS, R.R. Physical and chemical properties of a Haploxeroll after fifty years of conservation management. Soil Sci. Soc. Am. J., 50:214-218, 1986.
- PÖTTKER, D. & BEN, J.R. Calagem para uma melhor produtividade das culturas no sistema plantio direto. R. Bras. Ci. Solo, 22:684, 1998.
- QUAGGIO, J.A.; DECHEN, A.R. & RAIJ, B. van. Efeitos da aplicação de calcário e gesso sobre a produtividade de amendoim e lixiviação de bases no solo. R. Bras. Ci. Solo, 6:189-194, 1982.
- RHEINHEIMER, D.S.; SANTOS, E.J.S.; KAMIYAMA, M. & XAVIER, F.M. Aplicação superficial de calcário em plantio direto consolidado em solo arenoso. R. Bras. Ci. Solo, 30:263-268, 2000.
- SILVA, A.A.; VALE, F.R.; FERNANDES, L.A.; FURTADO, A.E. & MUNIZ, J.A. Efeitos das relações Ca:K na mobilidade de nutrientes no solo e no crescimento do algodoeiro. R. Bras. Ci. Solo, 22:451-457, 1998.
- SOPRANO, E. & ALVAREZ V., V.H. Nutrientes lixiviados em colunas de solo tratadas com diferentes sais. R. Bras. Ci. Solo, 13:25-29, 1989.