



Revista Brasileira de Ciência do Solo

ISSN: 0100-0683

revista@sbccs.org.br

Sociedade Brasileira de Ciência do Solo  
Brasil

Silva das Neves, Lisiâne; Ernani, Paulo Roberto; Simonete, Márcia Aparecida  
MOBILIDADE DE POTÁSSIO EM SOLOS DECORRENTE DA ADIÇÃO DE DOSES DE CLORETO  
DE POTÁSSIO

Revista Brasileira de Ciência do Solo, vol. 33, núm. 1, enero-febrero, 2009, pp. 25-32  
Sociedade Brasileira de Ciência do Solo  
Viçosa, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=180214067003>

- ▶ 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 II - QUÍMICA E MINERALOGIA DO SOLO**

### **MOBILIDADE DE POTÁSSIO EM SOLOS DECORRENTE DA ADIÇÃO DE DOSES DE CLORETO DE POTÁSSIO<sup>(1)</sup>**

**Lisiane Silva das Neves<sup>(2)</sup>, Paulo Roberto Ernani<sup>(3)</sup> & Márcia Aparecida Simonete<sup>(4)</sup>**

#### **RESUMO**

Em solos recentemente fertilizados, as plantas absorvem os nutrientes que estão principalmente nas adjacências dos grânulos, cuja composição química é pouco conhecida. Este trabalho teve como objetivo avaliar o gradiente de concentração de K e a concentração eletrolítica a partir da região fertilizada com KCl em cinco solos, que tinham quantidades variáveis de argila (95 a 569 g kg<sup>-1</sup>) e de matéria orgânica (13 a 54 g kg<sup>-1</sup>). Os tratamentos consistiram de doses de KCl equivalentes a 0, 50, 100 e 200 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. Para obter as quantidades a serem aplicadas, considerou-se que essas doses seriam adicionadas sobre a superfície do solo, em linhas distanciadas de 0,70 m, e atingiria uma faixa de 2,5 cm, ou seja, entrariam em contato com 357 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup> de solo. Cada unidade experimental foi formada pela união de dois tubos horizontais de PVC, cada um com 7,0 cm de diâmetro e 9,0 cm de comprimento, preenchida com solo. Os grânulos de KCl foram distribuídos uniformemente entre duas folhas circulares de papel-filtro (7,0 cm de diâmetro), que foram colocadas na superfície de junção dos dois tubos. O gradiente de concentração de K nos solos foi quantificado por meio da concentração do K trocável (Mehllich-1) em diferentes distâncias a partir do local de aplicação dos grânulos. A movimentação de K variou com o tipo de solo, aumentou com a dose de KCl e foi menor no solo que tinha mais areia e menos matéria orgânica. Após 7 dias, com a maior dose de KCl aplicada (200 mg kg<sup>-1</sup> K<sub>2</sub>O), a movimentação de K foi maior no Cambissolo Húmico léptico CHat (8,4 cm) e menor no Latossolo Vermelho distrófico LVd (6,4 cm). A amplitude de concentração de K no centímetro mais próximo do adubo variou de 9.800 a 16.475 mg kg<sup>-1</sup>; na camada distante de 4,0 a 5,0 cm dos grânulos, o K variou de 244 a 2.254 mg kg<sup>-1</sup>. A condutividade elétrica não atingiu valores prejudiciais ao processo germinativo de espécies com média tolerância a sais, mesmo no centímetro mais próximo do fertilizante. O movimento do K nos solos aconteceu em poucos dias, porém a movimentação máxima em cada dose de KCl não teve correlação com nenhum atributo de solo.

**Termos de indexação:** fluxo difusivo de potássio no solo, potássio trocável, condutividade elétrica, KCl.

<sup>(1)</sup> Parte da Dissertação de Mestrado em Manejo do Solo do primeiro autor, junto à Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC. Recebido para publicação em fevereiro de 2008 e aprovado em novembro de 2008.

<sup>(2)</sup> Mestre em Ciência do Solo pela Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC. Caixa Postal 281, CEP 88520-000 Lages (SC). E-mail: giralis@yahoo.com.br

<sup>(3)</sup> Professor do Departamento de Solos e Recursos Naturais, UDESC. Bolsista do CNPq. E-mail: prernani@cav.udesc.br

<sup>(4)</sup> Pesquisadora em Solos, Departamento Florestal da Klabin S.A., Av. Araucária, s/n. CEP 84279-000 Telêmaco Borba (PR). E-mail: msimonete@klabin.com.br

## **SUMMARY: POTASSIUM MOVEMENT IN SOILS AS RELATED TO POTASSIUM CHLORIDE APPLICATION**

*In recently fertilized soils, plants uptake nutrients mainly from around the granules, but little is known about the chemical composition of these zones. This study aimed to evaluate the K concentration gradient as well as the electrolyte concentration around KCl granules applied at different rates to five soils varying in clay (95 to 569 g kg<sup>-1</sup>) and organic matter (13 to 54 g kg<sup>-1</sup>) contents. Treatments consisted of four KCl rates (0, 50, 100, and 200 kg ha<sup>-1</sup> K<sub>2</sub>O). These quantities were obtained by simulating a KCl application to 357 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup> of soil (broadcast over the soil surface in a band of 2.5 cm in rows spaced 0.7 m apart). Each experimental unit consisted of two joined PVC tubes (diameter 7.0 cm, length x 9.0 cm) filled with soil. KCl granules were uniformly broadcasted between two round filter paper sheets (diameter 7.0 cm), which were placed on the junction of the two tubes. The K concentration gradient of the soils was quantified based on the exchangeable K concentration at different distances from the point of application. K diffusion varied with the soil type, increased with the KCl rate and was lowest in the soil with the highest sand and lowest organic matter contents. After seven days, K diffusion in the soils was highest in an Inceptisol (8.4 cm) and lowest in an Oxisol (6.4 cm). K concentration in the first soil centimeter closest to the fertilizer varied from 9,800 to 16,475 mg kg<sup>-1</sup>; four centimeters further, it varied from 244 to 2,254 mg kg<sup>-1</sup>. The electrical conductivity did not attain detrimental values for seed germination of moderately salt-tolerant species, even in the centimeter closest to the fertilizer. A movement of K was observed after few days in the soils, but the maximum diffusion at each KCl rate did not correlate with any soil attribute.*

*Index terms:* diffusive flux, exchangeable K, electrical conductivity, KCl.

## **INTRODUÇÃO**

A mobilidade dos íons no solo a partir das regiões fertilizadas pode afetar a disponibilidade dos nutrientes aos vegetais e as perdas por lixiviação. Os íons se movem no solo em direção às raízes por difusão, devido à existência de um gradiente de concentração, e por fluxo de massa, em decorrência da formação de um gradiente hídrico (Barber, 1962). A disponibilidade de K às plantas depende muito de sua difusão no solo (Gianello & Mielniczuk, 1981; Ernani & Barber, 1991; Rosolem et al., 2003; Oliveira et al., 2004a), uma vez que a quantidade que chega até as raízes por fluxo de massa é muito menor do que a taxa de absorção. A difusão de um íon no solo depende de alguns atributos inerentes a cada solo, a exemplo do teor de água (Kelly et al., 1997) e do tamanho e da distribuição dos poros (Dierolf et al., 1997), assim como de atributos bastante variáveis, como a concentração iônica da solução do solo (Nielsen et al., 1986; Oliveira et al., 2004a), o pH (Chaves & Libardi, 1995; Ernani et al., 2002) e o poder tampão de cada nutriente.

Para fertilizantes com elevado índice salino, a exemplo do KCl, a mobilidade iônica pode também influenciar a germinação e o desenvolvimento inicial das plântulas devido ao incremento na concentração eletrolítica da solução (Bevilacqua et al., 1996; Silva et al., 2001) provocado por esses adubos quando são colocados muito próximo das sementes. Nas últimas décadas, com o crescimento na utilização do sistema plantio direto, aumentou a necessidade de se conhecer

melhor também a mobilidade vertical dos íons, uma vez que, nesse sistema, os fertilizantes são aplicados sobre a superfície do solo e os nutrientes necessitam de chegar até as raízes para serem absorvidos.

Em um dado solo, portanto, a concentração de K na solução e a capacidade de adsorção de K são os principais atributos químicos que influenciam a taxa de difusão de K (Silva et al., 2000; Phillips & Burton, 2005). Em solos com predomínio de cargas variáveis, a concentração de K na solução é influenciada fundamentalmente pela adsorção eletrostática de K às cargas negativas. A adsorção, por sua vez, depende da natureza das superfícies de troca (tipo de argila, matéria orgânica, óxidos e hidróxidos), que determina o coeficiente de seletividade, e da atividade iônica do K em relação aos demais cátions que se ligam significativamente por complexos de esfera externa à fase sólida. Nas adjacências dos grânulos de fertilizantes potássicos no solo, entretanto, a quantidade de íons K<sup>+</sup> normalmente é maior do que o número de sítios de adsorção eletrostática, pelo menos nos períodos iniciais subsequentes à adubação. Neste caso, a água volumétrica do solo deve ser o atributo que controla a mobilidade do K, independentemente do mecanismo (fluxo de massa ou difusão), diferentemente das regiões mais distantes dos grânulos, onde ela deve ser controlada pela capacidade de troca de cátions (CTC) efetiva. Pouco se conhece sobre a mobilidade dos nutrientes nas adjacências dos grânulos dos adubos, porém, em solos recentemente fertilizados, é a principal região de onde as plantas absorvem os nutrientes.

Este trabalho objetivou avaliar o gradiente de concentração de K em solos com teores variáveis de argila e de matéria orgânica a partir das regiões fertilizadas com quantidade crescente de KCl.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em laboratório, na Faculdade de Agronomia da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), em Lages, SC, em 2006. Utilizaram-se amostras de cinco solos, coletadas na profundidade de 0–20 cm. Posteriormente à coleta, elas foram passadas em peneira com abertura de malha de 0,4 cm. Os solos que tinham pH inferior a 5,5 receberam calcário dolomítico com o objetivo de eliminar o Al trocável. Posteriormente, todos permaneceram incubados durante 15 dias, com aproximadamente 80 % do teor de água retido na capacidade de campo. A classificação e algumas características físico-químicas são apresentadas no quadro 1.

Os tratamentos consistiram de quatro doses de KCl, equivalentes a 0, 50, 100 e 200 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. Para equacioná-las, considerou-se uma situação em que o fertilizante seria aplicado sobre a superfície do solo, em faixas com 2,5 cm de largura, distanciadas de 0,7 m, totalizando o contato com 357 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup> de solo. As unidades experimentais foram constituídas por tubos de PVC, com 7,0 cm de diâmetro e 18,0 cm de comprimento, dispostos horizontalmente, tendo sido formadas pela união de dois tubos com 9,0 cm de espessura cada, posteriormente preenchidos com solo. Cada metade da unidade experimental foi constituída pela justaposição de sete anéis concêntricos: os cinco anéis na junção tinham 1,0 cm de espessura cada, e os outros dois anéis, tinham 2,0 cm cada. Os grânulos de KCl tinham diâmetro inferior a 2,0 mm e foram distribuídos uniformemente entre duas folhas de papel-filtro (whatman 42). Estas tinham o mesmo diâmetro dos tubos e foram colocadas na superfície de

junção das duas metades. A quantidade de KCl para cada uma das três doses foi de 0,90, 1,80 e 3,60 g/tubo, respectivamente.

O período de movimentação de K foi de sete dias para todos os solos, à exceção do CHa, que também foi avaliado aos 14 dias. Durante todo o período experimental, os solos foram mantidos com o mesmo teor de umidade que permaneceram incubados antes de serem transferidos para as unidades experimentais. Ao término desses períodos, as unidades experimentais foram inicialmente separadas em duas partes, a partir do local de aplicação do adubo. Cada uma dessas metades equivaleu, portanto, a uma repetição, totalizando quatro repetições por tratamento. A seguir, cada metade foi separada longitudinalmente na intersecção dos anéis, e a extensão de cada anel passou a constituir uma amostra de solo da respectiva distância. A movimentação de K foi avaliada, portanto, lateralmente em cada um dos dois segmentos da unidade experimental, a partir do local de aplicação do adubo.

Em cada uma das distâncias compreendidas pelos anéis, foi quantificado o K trocável, extraído por solução ácida diluída (Mehlich-1) e determinado por fotometria de emissão. A distância máxima percorrida pelo K no período avaliado (7 ou 14 dias) foi estimada a partir do local de aplicação do fertilizante até o ponto de concentração mínima de K no solo. Esta concentração foi obtida pela resolução da derivada da equação de regressão, que descreve o efeito da distância na diminuição do K no solo, após ser igualada a zero. A condutividade elétrica (CE) das amostras de solo delimitadas pelos anéis foi também quantificada, e determinada por condutivimetria, de acordo com metodologia proposta por Tedesco et al. (1995).

Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições, e os resultados obtidos foram avaliados estatisticamente por meio de análise de regressão. Análises de correlação também foram feitas entre a distância percorrida pelo K e os diversos atributos de solo.

**Quadro 1. Características físico-químicas<sup>(1)</sup> dos solos estudados<sup>(2)</sup>. Média de duas repetições**

Solo	pH-H <sub>2</sub> O	MO <sup>(3)</sup>	K	CTC efetiva	CTC pH 7,0	Areia	Silte	Argila
		g kg <sup>-1</sup>		cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>		g kg <sup>-1</sup>		
CHa	5,7	38	166	12,6	17,0	353	338	309
CHat	6,5	35	63	7,9	9,9	810	95	95
NBdf	6,2	54	118	11,4	14,9	88	343	569
LVdf	5,8	18	464	5,9	8,3	276	157	567
LVd	5,3	13	29	2,5	4,4	851	30	119

<sup>(1)</sup> Avaliações analíticas foram feitas de acordo com metodologias descritas por Tedesco et al. (1995). <sup>(2)</sup> MO: matéria orgânica do solo. <sup>(3)</sup> CHa: Cambissolo Húmico Alumínico léptico; CHat: Cambissolo Húmico Alumínico típico; NBdf: Nitossolo Bruno distroférreo típico; LVdf: Latossolo Vermelho distroférico; LVd: Latossolo Vermelho distrófico.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A concentração de K próximo da região fertilizada foi muito alta (Figura 1). No segmento de solo constituído pelo primeiro centímetro distante dos grânulos de KCl, a concentração de K extraível com solução de ácidos diluídos (Mehlich-1) variou de 9.800 mg kg<sup>-1</sup> no Cambissolo Húmico (CHat) até 16.475 mg kg<sup>-1</sup> no Nitossolo Bruno (NBdf), aos sete dias após a adição da maior dose do fertilizante (200 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O). Na média dos cinco solos, a concentração de K neste segmento aumentou de 169 mg kg<sup>-1</sup>, sem o KCl, para 3.472, 6.177 e 12.065 mg kg<sup>-1</sup>, respectivamente onde foram aplicadas doses de 50, 100 e 200 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, respectivamente (Figura 1). Isso representou um incremento linear na concentração de K (y) de 59 mg kg<sup>-1</sup> para cada kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O adicionado ( $y = 313 + 59x$ ; R<sup>2</sup> = 0,99). Nos três segmentos seguintes, todos com 1,0 cm de espessura, cada kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O proporcionou incrementos de 50, 34 e 16 mg kg<sup>-1</sup> de K, respectivamente, equivalendo a uma diminuição de 18, 74 e 269 % em relação ao incremento ocorrido no centímetro mais próximo do fertilizante. Essa elevada concentração de K nas regiões adjacentes aos grânulos

de KCl mostra que a atividade iônica dos nutrientes na solução do solo nestas regiões é muito diferente daquela que ocorre no restante do solo (Ernani & Barber, 1991; Ernani & Barber, 1993; Ernani & Barber, 1996) e, portanto, deve afetar diferentemente as reações químicas. É dessa região, entretanto, que as plantas absorvem grande parte dos íons em solos recentemente fertilizados, e elas precisam ser conhecidas para que se possa entender melhor a disponibilidade dos nutrientes às plantas.

Os valores de K extraíveis não variaram muito entre os solos nas adjacências da região fertilizada (Figura 1). Em quatro dos cinco solos, a concentração de K foi semelhante no centímetro mais próximo do fertilizante, com extremos entre 9.800 e 12.225 mg kg<sup>-1</sup>, independente da sua composição química ou mineralógica. Exceção ocorreu para o NBdf, que apresentou 42 % a mais de K neste segmento em relação à media dos demais, e isso se deveu, em parte, à menor densidade deste solo no tubo (26 % inferior à média dos outros solos), uma vez que a determinação do K das amostras foi feita utilizando-se massa ao invés de volume. É importante mencionar que, neste tipo de determinação analítica, estão incluídos o K adsorvido eletrostaticamente às cargas

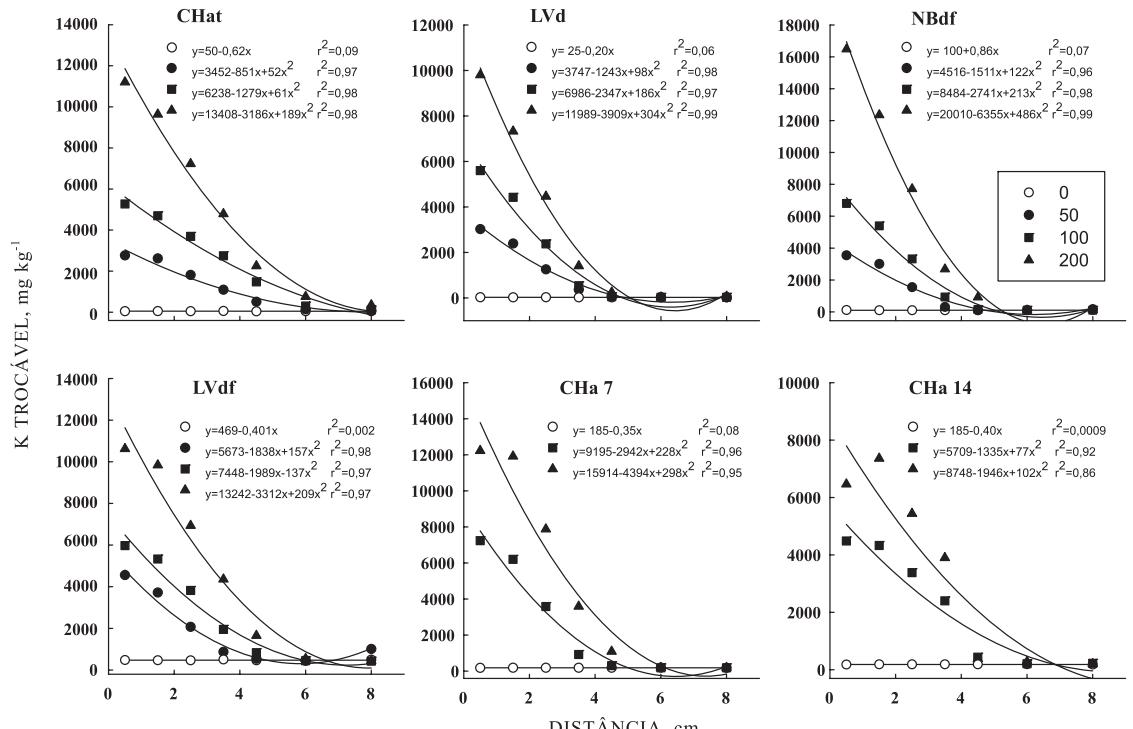


Figura 1. Teores de K trocável nos solos em diferentes distâncias a partir da região fertilizada com doses de K<sub>2</sub>O (kg ha<sup>-1</sup>) na forma de KCl. Média de quatro repetições. CHa: Cambissolo Húmico Aluminílico léptico; CHat: Cambissolo Húmico Aluminílico típico; NBdf: Nitossolo Bruno Distroférrego típico; LVd: Latossolo Vermelho distroférico; LVdf: Latossolo Vermelho distrófico. No CHat, não foi utilizada a menor dose (50 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O).

negativas mais o K que está na solução do solo, e que o número de sítios de ligação (cargas elétricas negativas) é limitado e todos praticamente passam a ser ocupados com K em virtude de sua alta concentração nessas microrregiões.

Sendo assim, não havendo fixação de K no interior das entrecamadas dos minerais de argila, a concentração desse cátion deve ser semelhante entre os solos, caso não haja diferença na densidade do solo. Nessas microrregiões com alta concentração de K, a partir do momento em que houver saturação das cargas elétricas, o excedente permanece na solução do solo e, caso isso ocorra, o atributo com maior influência na mobilidade passa a ser o conteúdo de água volumétrica no solo (Barber, 1962). Neste estudo, a massa de solo (base seca) em cada centímetro longitudinal do tubo variou de 26 g no NBdf a 38 g no LVd (Quadro 2). Considerando esta massa e a CTC efetiva (Quadro 1), a quantidade de cargas elétricas por centímetro de solo variou de 0,95 mmol no LVd a 4,28 mmol no CHa (Quadro 2). As quantidades de K adicionadas em cada tubo pelas doses de 50, 100 e 200 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O foram, respectivamente, de 11,5, 23 e 46 mmoles. Considerando metade desses valores, pois o K difundiu para os dois lados da unidade experimental, a quantidade adicionada pela dose de 200 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O seria suficiente para saturar as cargas negativas de vários centímetros de qualquer um dos solos (Quadro 2).

A movimentação de K variou com o tipo de solo, porém diminuiu de forma quadrática em todos eles com o aumento da distância a partir do local de aplicação do fertilizante potássico (Figura 1). Na maior dose de K<sub>2</sub>O aplicada (200 kg ha<sup>-1</sup>), o deslocamento lateral máximo de K foi de 8,4 cm no CHat; o menor deslocamento (6,4 cm) ocorreu no Latossolo Vermelho distrófico (LVd), provavelmente

devido à menor capacidade de retenção de água desse solo (54 g kg<sup>-1</sup>) em relação aos demais. A diminuição do conteúdo de água do solo exerce efeito indireto sobre o transporte de íons, devido ao decréscimo do fator de impedância como consequência do aumento da tortuosidade do trajeto a ser percorrido, uma vez que os íons se movimentam no meio líquido (Barber, 1962). O LVd e o NBdf foram os solos que apresentaram as menores concentrações de K a partir do segmento distante de 3,0 a 4,0 cm da região fertilizada (Figura 1), fenômeno para o qual não encontramos razão plausível. Nesse segmento (3,0-4,0 cm distante do fertilizante), os valores de K nos tratamentos que receberam 50 e 200 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O foram, respectivamente, 361 e 1.403 mg kg<sup>-1</sup> no LVd e 307 e 2.678 mg kg<sup>-1</sup> no NBdf.

A mobilidade de K em solos cultivados em plantio direto, sistema que hoje predomina em grande parte das lavouras comerciais brasileiras produtoras de grãos, provavelmente é menor do que a verificada neste trabalho, caso o teor de água no solo não varie nas duas situações. Isso se deve ao fato de que a mobilidade de K, assim como a de outros cátions, diminui com o aumento da densidade de cargas negativas (Ernani et al., 2007) quando a quantidade destas for maior do que a concentração do nutriente no solo. Em solos com estrutura indefinida, a densidade de cargas é maior do que naqueles com estrutura deformada, como acontece neste estudo, em decorrência da maior densidade do solo. Gradiente de concentração de K também ocorre verticalmente no perfil quando o K é aplicado sobre a superfície do solo (Ernani et al., 2002; Ciotta et al., 2002; Ernani et al., 2007), porém, neste caso, a mobilidade vertical do nutriente é maior do que a mobilidade lateral devido ao efeito adicional promovido pelo fluxo de massa decorrente da percolação de água em obediência à força gravitacional (Ernani et al., 2007).

**Quadro 2. Algumas características relacionadas aos solos dentro das unidades experimentais com 7,0 cm de diâmetro**

Solo	Umidade	Massa		Densidade do solo	CTC <sup>(1)</sup> efetiva	K <sup>(2)</sup> adicionado	K <sup>(3)</sup> excedente
		Úmida	Seca				
		g kg <sup>-1</sup>	— g cm <sup>-1</sup> —	g cm <sup>-3</sup>	mmol <sub>c</sub> cm <sup>-1</sup>	mmol	%
CHa	155	40,0	34	0,88	4,28	23	7,5
CHat	193	38,4	31	0,81	2,46	23	87
NBdf	34,0	38,7	26	0,68	2,96	23	55
LVdf	26,0	38,9	29	0,75	1,71	23	167
LVd	54	40,0	38	0,99	0,95	23	384

<sup>(1)</sup> Número total de cargas elétricas negativas livres (CTC) na massa de solo de cada lado da unidade experimental. <sup>(2)</sup> Quantidade de K aplicado na dose de 200 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, considerando cada metade da unidade experimental com 9,0 cm de espessura.

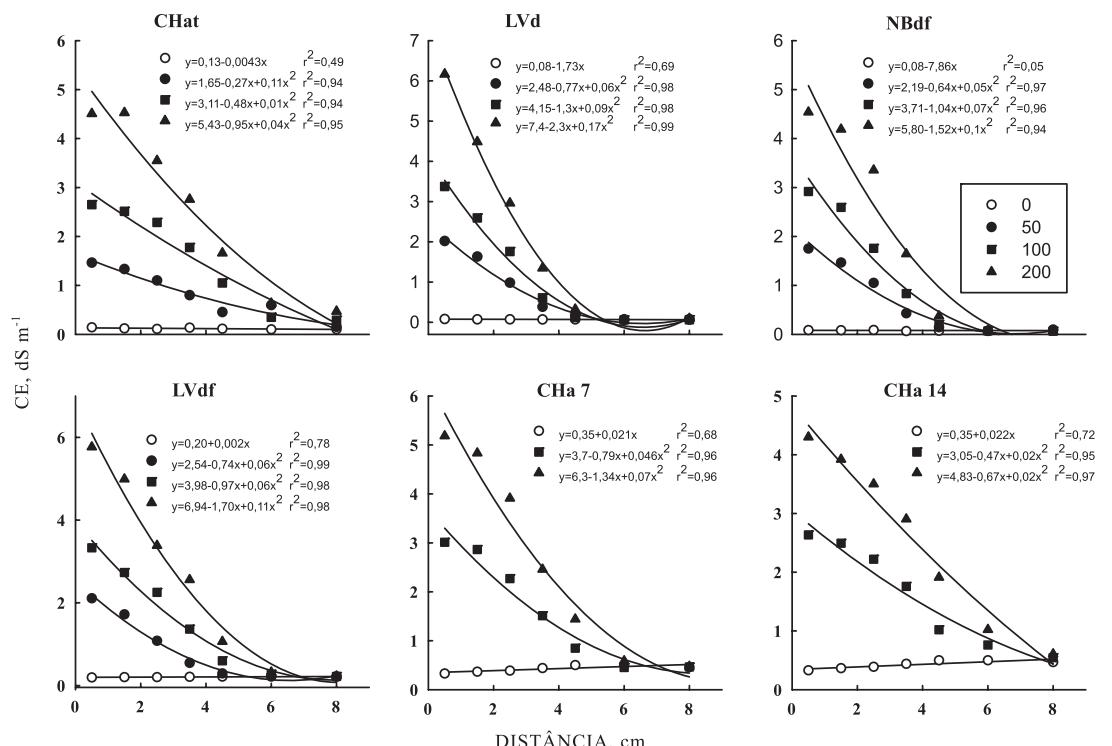
<sup>(3)</sup> Percentagem de K adicionado em relação à densidade de cargas elétricas negativas (mmol<sub>c</sub>) os 5 cm mais próximos dos grânulos. CHa: Cambissolo Húmico Alumínico léptico; CHat: Cambissolo Húmico Alumínico típico; NBdf: Nitossolo Bruno distróférico típico; LVdf: Latossolo Vermelho distrófico; LVd: Latossolo Vermelho distrófico.

A movimentação de K aumentou com o aumento da dose aplicada (Figura 1). No tratamento em que não foi aplicado KCl (testemunha), os valores de K extraíveis das amostras de solo permaneceram uniformes em todas as distâncias, com médias extremas variando de 25 mg kg<sup>-1</sup> para o LVd a 464 mg kg<sup>-1</sup> para o LVdf. O mesmo ocorreu para a condutividade elétrica, que variou de 0,070 dS m<sup>-1</sup> no LVd a 0,426 dS m<sup>-1</sup> no CHa. A distância máxima percorrida pelo K, em sete dias, na média dos cinco solos, aumentou de 6,8 cm na menor dose (50 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O), para, respectivamente, 7,2 e 7,5 cm nos tratamentos que receberam o equivalente a 100 e a 200 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. No segmento de solo do tubo mais distante dos grânulos do fertilizante potássico, entre 7,0 e 9,0 cm, as concentrações de K não foram afetadas pelas doses de KCl e foram praticamente iguais às do tratamento sem o fertilizante em todos os solos (Figura 1). No CHa, a movimentação foi avaliada também aos 14 dias, e nos últimos sete dias o deslocamento máximo de K passou de 6,5 para 8,7 cm com a dose de 100 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, e de 7,4 para 9,5 cm com 200 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O.

A distância máxima percorrida nos solos pelo K, em cada dose de KCl aplicada, não se correlacionou

com nenhum atributo de solo (pH, matéria orgânica, CTC efetiva, CTC determinada em pH 7,0, K trocável inicial do solo, teor de água, e teores de areia, silte ou argila). Oliveira et al. (2004b) também não observaram relação entre as concentrações de K e os coeficientes de dispersão-difusão desse íon em cinco solos do estado de Minas Gerais.

A condutividade elétrica não foi tão elevada (Figura 2). No primeiro centímetro de solo distante dos grânulos de KCl, ela variou de 4,51 dS m<sup>-1</sup> no CHat até 6,17 dS m<sup>-1</sup> no LVdf, aos sete dias após a adição da maior dose do fertilizante (200 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O). Na média dos cinco solos, a condutividade elétrica neste segmento aumentou linearmente de 0,20 dS m<sup>-1</sup>, onde não foi aplicado KCl, para 5,23 dS m<sup>-1</sup> no tratamento que recebeu a dose de 200 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O ( $y = 0,40 + 0,025x$ ;  $R^2 = 0,99$ ), e isto acontece porque o aumento da concentração eletrolítica da solução do solo é proporcional ao incremento na concentração de íons na solução. O incremento na adição de cada kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O proporcionou um aumento em 0,025 dS m<sup>-1</sup> na condutividade elétrica da porção de solo mais próxima dos grânulos do fertilizante. Considerando que os prejuízos ao desenvolvimento das plantas que tenham média tolerância a sais iniciam com valores



**Figura 2.** Condutividade elétrica (CE) nos solos em diferentes distâncias a partir da região fertilizada com doses de K<sub>2</sub>O (kg ha<sup>-1</sup>) na forma de KCl. Média de quatro repetições. CHa: Cambissolo Húmico Alumínico léptico; CHat: Cambissolo Húmico Alumínico típico; NBdf: Nitossolo Bruno distroférrego típico; LVd: Latossolo Vermelho distrófico; LVdf: Latossolo Vermelho distrófico. No CHat, não foi utilizada a menor dose (50 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O).

de condutividade elétrica acima de 6 dS m<sup>-1</sup> (Maas et al., 1986), este valor não seria atingido em nenhuma dose utilizada, em nenhum dos cinco solos, mesmo próximo dos grânulos. O incremento ocasionado pelo KCl na condutividade elétrica dos solos no primeiro centímetro mais próximo dos grânulos correlacionou-se negativamente ( $p < 0,05$ ) somente com o pH e com os teores de matéria orgânica. Nas demais distâncias, a CE não se correlacionou com nenhum atributo físico ou químico de solo.

Há a preocupação com o efeito da adição de adubos minerais em linhas próximas das sementes na diminuição do processo germinativo (Moterle et al., 2006) e no desenvolvimento das raízes (Souza et al., 2007). Os resultados sobre a mobilidade de K deste trabalho permitem inferir que o efeito negativo que o incremento na dose de KCl pode ocasionar na germinação e no desenvolvimento das radículas depende basicamente da distância de localização do adubo em relação às sementes, da capacidade do solo de reter umidade e da CTC. Muito próximo dos grânulos, a mobilidade dos íons integrantes do sal é limitada principalmente pelo teor de água do solo, uma vez que todas as cargas passam a ser saturadas com o cátion. À medida que a distância aumenta a partir dos grânulos do fertilizante, a mobilidade iônica passa a ser controlada principalmente pela densidade de cargas negativas. Como a CTC é uma característica intrínseca de cada solo, a distância do adubo em relação às sementes e a variação do teor de umidade passam a ser as variáveis que mais influenciarão a manutenção de alta concentração de sais próximo das sementes. Quando o fertilizante for colocado muito próximo das sementes, é interessante que a solução salina difunda para regiões distantes. Nesse caso, elevado teor de umidade e pequena densidade de cargas facilitarão a difusão da solução salina para longe das sementes. Por outro lado, quando o fertilizante for colocado distante das sementes, é interessante que a solução salina não difunda muito para próximo delas. Neste caso, baixo teor de umidade e alta densidade de cargas dificultarão essa difusão.

## CONCLUSÕES

1. A movimentação de K variou com o tipo de solo, aumentou com a dose de KCl, e aconteceu até mais de 8,0 cm em apenas sete dias. Apesar da alta concentração de K nas adjacências dos grânulos, a concentração salina não atingiu valores prejudiciais ao processo germinativo de espécies com média tolerância a sais em nenhum dos cinco solos.

2. A menor movimentação de K ocorreu no solo que tinha textura mais arenosa e menor teor de matéria orgânica. Para o conjunto de solos, entretanto, a movimentação máxima de K em cada dose de KCl não teve correlação com nenhum atributo de solo.

## LITERATURA CITADA

- BARBER, S.A. A diffusion and mass-flow concept of soil nutrient availability. *Soil Sci.*, 93:39-49, 1962.
- BEVILAQUA, G.A.P.; BROCH, D.L.; POSSENTI, J.C. & VILELA, F.A. Posição do fósforo e potássio na adubação da semente e no crescimento de plântulas de milho. *R. Bras. Agroci.*, 2:87-92, 1996.
- 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.
- CIOTTA, M.N.; BAYER, C.; ERNANI, P.R.; FONTOURA, S.M.V. & ALBUQUERQUE, J.A. Acidificação de um Latossolo sob plantio direto. *R. Bras. Ci. Solo*, 26:1055-1064, 2002.
- DIEROLF, T.S.; ARYA, L.M. & YOST, R.S. Water and cation movement in an Indonesian Ultisol. *Agron. J.*, 89:572-579, 1997.
- ERNANI, P.R. & BARBER, S.A. Predicted soil phosphorus uptake as affected by banding potassium chloride with phosphorus. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 55:534-538, 1991.
- ERNANI, P.R. & BARBER, S.A. Composição da solução do solo e lixiviação de cátions afetadas pela aplicação de cloreto e sulfato de cálcio em um solo ácido. *R. Bras. Ci. Solo*, 10:41-46, 1993.
- ERNANI, P.R. & BARBER, S.A. The effect of ionic strength on soil P reactions is negligible. *Fert. Res.*, 45:193-197, 1996.
- ERNANI, P.R.; DIAS, J. & FLORE, J.A. Annual additions of potassium to the soil increased apple yield in Brazil. *Comm. Soil Sci. Plant Anal.*, 33:1291-1304, 2002.
- ERNANI, P.R.; BAYER, C.; ALMEIDA, J.A. & CASSOL, P.C. Mobilidade vertical de cátions influenciada pelo método de aplicação de cloreto de potássio em solos com carga variável. *R. Bras. Ci. Solo*, 31:393-402, 2007.
- GIANELLO, C. & MIELNICZUK, J. Características químicas e físicas de solo que afetam a absorção de potássio por plantas de milho. *R. Bras. Ci. Solo*, 5:109-114, 1981.
- KELLY, S.F.; GREEN, J.L. & SELKER, J.S. Fertilizer diffusion in container medium. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.*, 122:122-128, 1997.
- MAAS, E.V.; POSS, J.A. & HOFFMAN, G.J. Salinity sensitivity of sorghum at the three growth stages. *Irrigation Sci.*, 7:1-11, 1986.
- MOTERLE, L.M.; LOPES, P.C.; BRACCINI, A.L. & SCAPIM, C.A. Germinação de sementes e crescimento de plântulas de cultivares de milho-pipoca submetidas ao estresse hídrico e salino. *R. Bras. Sementes*, 28:169-176, 2006.
- NIELSEN, D.R.; van GENUCHTEN, M.T. & BIGGAR, J.W. Water flow and solute transport process in the unsaturated zone. *Water Res. Res.*, 22:89-108, 1986.

- OLIVEIRA, R.H.; ROSOLEM, C.A. & TRIGUEIRO, R.M. Importância do fluxo de massa e difusão no suprimento de potássio ao algodoeiro como variável de água e potássio no solo. *R. Bras. Ci. Solo*, 28:439-445, 2004a.
- OLIVEIRA, M.M.O.; RUIZ, H.A.; FERREIRA, P.A.; ALVAREZ V., V.H. & BORGES JÚNIOR, J.C.F. Fatores de retardamento e coeficientes de dispersão-difusão de fosfato, potássio e amônio em solos de Minas Gerais. *R. Bras. Eng. Agric. Amb.*, 8:196-203, 2004b.
- PHILLIPS, I. & BURTON, E. Nutrient leaching in undisturbed cores of an acidic sandy podosol following simultaneous potassium chloride and di-ammonium phosphate application. *Nutr. Cycling Agroecosyst.*, 73:1385-1314, 2005.
- ROSOLEM, C.A.; MATEUS, G.P.; GODOY, L.J.G.; FELTRAN, J.C. & BRANCALIÃO, S.R. Morfologia radicular e suprimento de potássio às raízes de milheto de acordo com a disponibilidade de água e potássio. *R. Bras. Ci. Solo*, 27:875-884, 2003.
- SILVA, I.R.; FURTINI NETO, A.E.; FERNANDES, L.A.; CURI, N. & VALE, F.R. Formas, relação quantidade/intensidade e biodisponibilidade de potássio em diferentes latossolos. *Pesq. Agropec. Bras.*, 35:2065-2073, 2000.
- SILVA, M.A.G.; BOARETTO, A.E.; MURAOKA, T.; FERNANDES, H.G.; GRANJA, F.A. & SCIVITTARO, W.B. Efeito do nitrogênio e potássio na nutrição do pimentão cultivado em ambiente protegido. *R. Bras. Ci. Solo*, 25:913-922, 2001.
- SOUZA, F.S.; FARINELLI, R. & ROSOLEM, C.A. Desenvolvimento radicular do algodoeiro em resposta à localização do fertilizante. *R. Bras. Ci. Solo*, 31:387-392, 2007.
- TEDESCO, M.J.; VOLKWEISS, S.J. & BOHNEN, H. Análises de solo, plantas e outros materiais. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 188p. (Boletim Técnico, 5)