



Revista Brasileira de Ciência do Solo

ISSN: 0100-0683

revista@sbcs.org.br

Sociedade Brasileira de Ciência do Solo
Brasil

Werle, Rodrigo; Arroyo Garcia, Rodrigo; Rosolem, Ciro Antonio
Lixiviação de potássio em função da textura e da disponibilidade do nutriente no solo
Revista Brasileira de Ciência do Solo, vol. 32, núm. 6, novembro-diciembre, 2008, pp. 2297-2305
Sociedade Brasileira de Ciência do Solo
Viçosa, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=180214064009>

- 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

LIXIVIAÇÃO DE POTÁSSIO EM FUNÇÃO DA TEXTURA E DA DISPONIBILIDADE DO NUTRIENTE NO SOLO⁽¹⁾

Rodrigo Werle⁽²⁾, Rodrigo Arroyo Garcia⁽³⁾ & Ciro Antonio Rosolem⁽⁴⁾

RESUMO

O manejo correto da adubação potássica pode minimizar perdas assim como evitar o esgotamento de K do solo. Objetivou-se estudar a dinâmica do K no perfil do solo em função do teor de argila e do teor do nutriente resultantes da adubação da soja. Foram coletados solos de texturas média e argilosa, que vinham sendo adubados com 0, 60, 120, e 180 kg ha⁻¹ de K₂O na soja por 6 anos. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, em tubos de PVC estratificados nas profundidades de 0–5, 5–10, 10–20, e 20–40 cm. Na superfície das colunas, aplicaram-se mais 80 kg ha⁻¹ de K₂O. Durante 16 semanas, foi aplicada, semanalmente, água em quantidade equivalente a 100 mm de chuva. Em cada aplicação, o volume de solução percolada foi determinado, assim como as quantidades de K contidas nessa solução. Após a desmontagem das colunas de solo, foram determinados os teores de K trocável e não-trocável nas diferentes profundidades. A percolação de K foi maior no solo de textura argilosa, que tinha mais K disponível devido ao maior efeito residual da adubação potássica anterior. A intensidade de lixiviação foi proporcional ao teor de K disponível, mas inicialmente a lixiviação foi mais intensa no solo mais arenoso, decrescendo com o tempo. No argiloso, as perdas foram mais constantes. Houve proporcionalidade entre teor inicial e lixiviação no perfil do solo, nas duas formas de K e nos dois tipos de solo. Conclui-se que o efeito residual da adubação potássica aumentou as quantidades de K percolado. A movimentação de K no perfil do solo teve boa relação com o teor inicial de K no solo, resultante da adubação potássica anterior nos dois tipos de solo. A passagem de K considerado não-trocável para trocável foi rápida e influenciou na lixiviação.

Termos de indexação: K trocável, K não-trocável, CTC, efeito residual de K.

⁽¹⁾ Trabalho apresentado no XXXI Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. Bolsa de iniciação científica fornecida pela Fapesp ao aluno de graduação. Recebido para publicação em maio de 2008 e aprovado em setembro de 2008.

⁽²⁾ Graduando em Agronomia, Departamento de Produção Vegetal-FCA, Universidade Estadual Paulista – FCA/UNESP. Campus de Botucatu, Caixa Postal 237, CEP 18603-970 Botucatu (SP). Bolsista Fapesp. E-mail: rwerle@fca.unesp.br

⁽³⁾ Doutorando em Agronomia, Departamento de Produção Vegetal-FCA, UNESP. Bolsista Fapesp. E-mail: ragarcia@fca.unesp.br

⁽⁴⁾ Professor Titular. Departamento de Produção Vegetal-FCA, UNESP. E-mail: rosolem@fca.unesp.br

SUMMARY: POTASSIUM LEACHING AS AFFECTED BY SOIL TEXTURE AND POTASSIUM AVAILABILITY

A correct potassium fertilization management, using adequate fertilizer amounts, can minimize K losses and avoid soil K depletion. The objective of this study was to evaluate potassium dynamics in the soil profile as affected by different textures and exchangeable K levels resulting from previous soybean fertilizations. Soils with sandy loam and clayey texture previously planted with soybean and fertilized with 0, 60, 120 and 180 kg ha⁻¹ K₂O were sampled during 6 years. The experiment was carried out in a greenhouse, using 40 cm high and 5 cm diameter PVC tubes, where it was stratified the 0–5, 5–10, 10–20 and 20–40 cm soil layers. On the column surface, 80 kg ha⁻¹ of K₂O was applied as KCl and 100 mm water was applied weekly, for 16 weeks. At each application, the drainage solution volume and the K concentration in the leachate were determined. After the disassembly of the soil columns, exchangeable and non-exchangeable K contents were determined for each layer. Potassium leaching was higher in the clay soil, where available K was higher due to the residual effect of previous K fertilization. Leaching intensity was proportional to available K contents. In the sandy soil initial leaching intensity was higher but decreased along time, whereas in the clayey soil K losses were more constant. The soil K level and leaching in soil profile were proportional to the exchangeable and non-exchangeable K for both soils. The residual effect of K fertilizer during the years under soybean, increasing its availability, can result in intensive exchangeable K losses, irrespective of soil texture. Potassium transformation from non exchangeable to exchangeable K is very fast, and affects the amount of leached K.

Index terms: exchangeable K, non-exchangeable K, CEC, residual effect.

INTRODUÇÃO

Com a expansão do sistema plantio direto, aumentou a necessidade de se conhecer a mobilidade vertical de cada nutriente no solo, uma vez que, nesse sistema, os fertilizantes são aplicados nos centímetros superficiais, sem incorporação posterior. A mobilidade dos nutrientes no perfil pode afetar a sua disponibilidade aos vegetais (Kepkner & Anghinoni, 1996) e as perdas por lixiviação (Ceretta et al., 2002). Por isso, também pode influenciar na escolha das técnicas mais adequadas de fertilização do solo, como épocas e doses, pois o manejo inadequado da adubação potássica pode trazer problemas ambientais e, ou, econômicos.

A disponibilidade de K, assim como a capacidade de suprimento deste nutriente pelo solo, depende da presença de minerais primários e secundários, da aplicação de fertilizantes e da CTC do solo, além da ciclagem do nutriente pelas plantas. Em outras palavras, a disponibilidade depende das formas de K presentes e da quantidade armazenada em cada uma dessas formas (McLean & Watson, 1985; Nachtingall & Vall, 1991), aspectos que contribuem na movimentação e dinâmica do K no perfil do solo.

A passagem do K da forma trocável para a não-trocável pode ser rápida, dependendo da concentração do nutriente na solução do solo, fazendo com que seja possível a ocorrência de perdas por lixiviação das formas inicialmente não disponíveis, devido à tendência natural de equilíbrio do solo (Rosolem et al., 2006). A energia de retenção dos cátions trocáveis Ca²⁺, Mg²⁺ e

K⁺ nos colóides do solo segue uma série denominada liotrófica, resultando na maior lixiviação de K em solos bem drenados, principalmente em solos com menor CTC (Raij, 1991), característica de grande parte da região de Cerrado do Brasil.

Todos os solos, em maior ou menor grau, apresentam K em formas não-trocáveis, ou não extraídas convencionalmente para avaliar a disponibilidade de K. Estas formas de K no solo podem suprir as plantas de modo indireto, repor o K trocável ou ser absorvidas por algumas espécies (Meurer & Anghinoni, 1993; Veduin, 1994). Dessa forma, o K trocável é tido como reserva prontamente disponível às plantas ou aquela absorvida pelas plantas no período de cultivo, enquanto o K não-trocável constitui uma reserva que pode ser utilizada à medida que os teores do K trocável diminuem (Oliveira et al., 1971). Assim, as formas não-trocáveis dão uma idéia da fração de K que poderá estar disponível às plantas e sua relação no sistema solo-planta (Vasconcelos et al., 1982).

Nos solos altamente intemperizados, o K trocável do solo pode constituir a reserva mais importante disponível às plantas (Raij, 1991). A recomendação de adubação potássica é fundamentada principalmente nos teores de K trocável do solo, porém Raij et al. (1996) admitem que outras duas fontes de K podem contribuir, em curto prazo, para a nutrição das plantas. Essas fontes são as formas não-trocáveis de K em alguns solos e o K presente nos restos culturais. De fato, demonstrou-se que o K não-trocável do solo pode ser absorvido em quantidades consideráveis por várias

espécies vegetais em diversos tipos de solos brasileiros (Mielniczuck & Selbach, 1979; Silva et al., 1995; Garcia et al., 2008).

Em experimento realizado por Rosolem et al. (1993), estudou-se a intensidade de liberação do K não-trocável de cinco tipos de solos na presença e ausência de adubação potássica. Foi constatado que a disponibilização do K não-trocável, independente do tipo de solo, manteve equilibrados os níveis de K trocável da maioria dos solos avaliados no decorrer do desenvolvimento das plantas, sendo a forma não-trocável do solo a principal fonte para a soja.

Para recomendações de adubação potássica às culturas, principalmente no sistema de plantio direto, é importante definir a disponibilidade das diferentes formas de K no solo às plantas (Elkhatib & Hern, 1988) e suas influências na dinâmica do K no perfil do solo. Isso porque a aplicação insuficiente de adubo pode levar ao esgotamento das reservas do solo, e a aplicação excessiva pode intensificar as perdas, mesmo em solos com média e alta capacidade de troca catiônica (Ernani et al., 2007a). Experimentos de longa duração são importantes para avaliar se as quantidades de adubos potássicos aplicadas anualmente estão sendo bem aproveitadas para manutenção e, ou, melhoria da fertilidade do solo e se têm influência sobre a produtividade agrícola.

O objetivo deste trabalho foi estudar a dinâmica do K no perfil do solo, em função da sua textura e do teor do nutriente, fornecido por diferentes doses de K₂O aplicadas durante seis anos na cultura da soja.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em casa de vegetação da Faculdade de Ciências Agrônômicas, da UNESP, Campus de Botucatu, em 2007, após a colheita da soja.

Foram coletadas amostras de terra da camada de 0–20 cm de profundidade, em parcelas de dois experimentos de campo, durante seis anos (2001/2002 até 2006/2007), onde a soja vinha sendo adubada, anualmente, com 0, 60, 120 e 180 kg ha⁻¹ de K₂O. Os solos de ambas as áreas são classificados como Latossolos Vermelhos distróficos (Embrapa, 1999), e um possui textura média (21 % de argila) e o outro, textura argilosa (48 % de argila). A distância entre as duas áreas experimentais é de aproximadamente 500 m, portanto o regime hídrico durante a condução do experimento no campo foi semelhante para os dois locais. Para o experimento em vasos, foram coletadas amostras de solo das quatro repetições originais desses ensaios de campo.

As unidades experimentais foram compostas por colunas montadas com sobreposição de anéis de PVC com 5 cm de diâmetro e 5 cm de altura. Foi constituída uma coluna com 40 cm de altura, composta por oito anéis, que foram unidos uns aos outros por fita plástica adesiva. Foi feita uma dobra interna de fita em cada anel, para evitar a drenagem preferencial nas paredes. No fundo das colunas, foram fixadas telas de nylon com malha de 1 mm para evitar perdas de terra. Antes de iniciar o preenchimento das colunas, separaram-se porções de terra referentes a cada tratamento de campo para caracterização química do solo (Quadro 1). Cada coluna recebeu ainda o equivalente a 90 kg ha⁻¹ de P₂O₅, via superfosfato simples, que foram misturados uniformemente no volume de terra correspondente a cada coluna. Foi feita adubação potássica suplementar em cobertura, com o equivalente a 80 kg ha⁻¹ de K₂O na forma de KCl, após preenchimento das colunas com o solo.

A terra fertilizada foi acomodada de forma a ser estabelecida uma densidade próxima às condições de campo. Não foi aplicado calcário porque as produções de soja, nestes locais, tinham sido altas, com média de 3.680 kg ha⁻¹, no solo argiloso e 3.732 kg ha⁻¹ no

Quadro 1. Caracterização química do solo (0–20 cm) das duas áreas experimentais, de onde foram coletadas as amostras para o experimento de percolação

K ₂ O	pH (CaCl ₂)	MO	P _{resina}	H + Al	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Knt ⁽¹⁾	CTC	V
kg ha ⁻¹		g dm ⁻³	mg dm ⁻³			mmol _c dm ⁻³				%
Solo de textura média										
0	4,3	15	25	42	14	5	0,8	2,3	62	32
60	4,8	15	24	33	18	6	0,8	3,2	57	43
120	4,3	15	22	41	11	3	1,1	4,0	56	27
180	4,4	13	16	35	8	3	1,6	3,3	48	27
Solo de textura argilosa										
0	4,5	24	26	67	28	11	1,9	5,3	108	38
60	4,7	26	25	60	33	12	4,2	7,5	108	45
120	4,5	26	25	69	25	9	3,3	7,9	106	36
180	4,6	28	26	69	27	10	4,4	7,8	111	37

⁽¹⁾ K não trocável, obtido pela diferença entre K extraído com KNO₃ 1 mol L⁻¹ fervente e o K trocável.

solo mais arenoso, na safra 2006/2007. A resposta da soja à calagem quando cultivada em semeadura direta, nestas condições, tem sido inconsistente (Caires et al., 2003; Costa & Rosolem, 2007).

As colunas com solo foram colocadas em suportes de madeira de forma que ficassem suspensas do chão. Durante 16 semanas seguidas, uma quantidade semanal de água referente a 100 mm de chuva foi aplicada, totalizando 1.600 mm ao término desse período. Em cada aplicação, a solução percolada foi recolhida em provetas e teve o volume determinado. Posteriormente, foi filtrada e armazenada sob refrigeração ($\pm 2^\circ\text{C}$) em frascos âmbar. A quantidade de K percolada foi determinada por meio da leitura dos teores de K em Espectrofotômetro de Absorção Atômica.

Após a última aplicação de água e escoamento do excesso de solução, as colunas foram desmontadas e separadas em quatro partes, com o objetivo de obter amostras de quatro profundidades, ou seja, 0–5, 5–10, 10–20 e 20–40 cm. O solo coletado de cada profundidade, seco naturalmente, foi passado em peneira de malha de 2 mm, com posterior determinação dos teores de K trocável (Raij et al., 2001) e K não-trocável (Knudsen, 1982).

O delineamento experimental foi um fatorial em blocos ao acaso, com quatro repetições, constituído de quatro doses de K_2O e dois solos com diferentes teores de argila. Foram feitas análises de regressão e ajustaram-se equações lineares e quadráticas significativas até 5 % de probabilidade pelo teste F. Também foram realizados estudos de correlação entre o teor inicial de K, referente ao efeito residual de cada dose, com o acréscimo ou decréscimo de K por camada, após simulação de chuva. Esses testes foram efetuados considerando-se as formas trocável e não-trocável de K no solo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Apesar da diferença de textura dos dois solos, a quantidade de água percolada ao final de cada aplicação foi semelhante. A adubação potássica na soja durante seis anos proporcionou aumento na quantidade total de K percolado nos dois tipos de solo, após a aplicação de 1.600 mm de água (Figura 1). Esses valores cresceram até a dose de 180 kg ha^{-1} de K_2O , com maiores perdas no solo de textura argilosa. Isso pode ser uma consequência do maior teor de K observado inicialmente neste solo (Quadro 1). Por ocasião da instalação do experimento e da análise inicial do solo sob efeito dos tratamentos de campo, verificou-se que os teores de K no solo mais arenoso, independente da dose aplicada, já eram bem inferiores às do solo de textura mais argilosa. Possivelmente as perdas de K por lixiviação já eram intensas no campo no solo arenoso, com menor capacidade de retenção de K. Em

experimento desenvolvido por Flora et al. (2007), a quantidade de K percolado de um solo com 36 % de argila, com aplicação de adubo na superfície de uma coluna com 35 cm de altura, chegou a apenas 55 mg. Nesse trabalho, entretanto, a quantidade de água total aplicada foi somente de 800 mm de chuva, além dos teores iniciais de K serem mais baixos do que os dos solos deste estudo.

A CTC dos solos, que varia em função do teor de matéria orgânica, do tipo e da quantidade de argila e do pH do solo, é o principal componente que determina a maior ou menor relação K trocável/K da solução, isto é, para uma mesma quantidade de K total, haverá menos K na solução em solos com alta CTC, o que refletirá em menores perdas de K por lixiviação, menor retirada desnecessária de K pelas plantas e maior capacidade de armazenamento de K no solo (Mielniczuk, 1982). No entanto, a elevação dos teores de K também favorece a lixiviação, mesmo em solos mais argilosos e com alta CTC (Quadro 1), como o que se observou neste estudo (Figura 1).

Considerando-se que a solução que se movimenta verticalmente no solo é uma mistura entre a solução de solo e a água adicionada, a quantidade de K lixiviada é proporcional à concentração inicial do nutriente na solução no solo (Ernani et al., 2003), o que também foi observado neste trabalho.

Não houve relação entre as quantidades de K percoladas com os teores de Ca^{2+} , Mg^{2+} e índice de saturação por bases (V) nos dois solos (como os coeficientes de correlação não foram significativos, não foram apresentados). As perdas mantiveram correlação apenas com o teor inicial de K, resultante do efeito residual da adubação potássica e com a saturação de K no complexo de troca (Figura 3).

A intensidade de lixiviação na ausência de efeito residual da adubação potássica apresentou

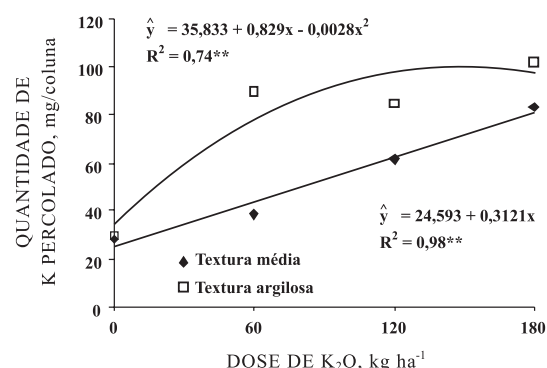


Figura 1. Quantidade total de potássio percolado após a aplicação de 1.600 mm de água, em função da adubação potássica residual e adicionada nas duas classes de solo. **: significativo a 1 %.

comportamento similar para os dois tipos de solo (Figura 2a). Para as doses de 120 e 180 kg ha⁻¹ de K₂O (Figura 2c,d), o solo mais arenoso resultou em maior intensidade de lixiviação até a quarta aplicação de água, evidenciando a rápida lavagem do nutriente, mesmo em menores quantidades, no solo com menor teor de argila. Já no solo argiloso, essa intensidade de lixiviação tende a ser mais constante, ou seja, apesar das maiores quantidades de K percolado com o passar das aplicações de água, esse tipo de solo inicialmente teve a capacidade de reter maiores quantidades de K, mesmo apresentando teores iniciais superiores. Isso pode ser explicado pela CTC de cada solo, pois o volume de solução percolada, apesar da diferença de granulometria entre os solos, foi semelhante. A maior intensidade inicial de lixiviação no solo de textura média, em função do aumento dos teores de K pode aumentar as perdas do nutriente no perfil do solo, pois ele estaria disponível muito cedo no ciclo das culturas anuais, levando à falta de sincronismo entre a disponibilidade de K e a exigência nutricional. Desta forma, a aplicação antecipada de adubo potássico em pré-semeadura também poderia elevar à perda de K nos solos em épocas com elevados índices pluviométricos e na ausência de cultivo.

Houve alta correlação negativa entre os teores iniciais e as variações do teor de K trocável no solo até a camada de 10–20 cm, em função do aumento da adubação potássica residual, nos dois solos (Figura 3). As doses elevadas de adubo potássico aplicadas, durante seis anos, na cultura da soja geraram tal efeito residual, que, independente da textura do solo,

ocasionou intensa lixiviação de K até a camada de 20 cm de profundidade. Segundo Quaggio (2000), baixos valores de pH, como no caso deste experimento, aumentam a lixiviação de K, mesmo em solos argilosos normalmente considerados pouco propícios para essa ocorrência. A aplicação adicional dos 80 kg ha⁻¹ de K₂O na superfície das colunas de solo também pode ter tido grande contribuição no movimento do K no perfil do solo. Contudo, o efeito residual da adubação potássica deve ser considerado no manejo da fertilidade do solo, tanto em solos de textura média como nos argilosos. Diferente dos resultados obtidos neste trabalho, Souza et al. (1979) constataram tendência à exaustão do K trocável do solo em função de cultivos sucessivos com aplicações de 60 kg ha⁻¹ de K₂O aplicado como KCl. Rosolem et al. (1984) notaram um acentuado decréscimo nos teores de K trocável do solo, no transcorrer de cultivos sucessivos de soja, e afirmaram ser necessária a utilização de, no mínimo, 80 kg ha⁻¹ de K₂O por ano, para manter um teor estável de K trocável no solo.

Em experimentos de longa duração, Borkert et al. (1997a,b) também observaram que houve diminuições nos teores de K trocável, em diferentes tipos de solo, no transcorrer de dez anos de cultivo de soja, e constataram que são necessárias adubações potássicas para evitar o esgotamento das reservas de K do solo, recomendando-se de 80 a 150 kg ha⁻¹ de K₂O aplicados anualmente, dependendo do tipo de solo. Neste trabalho, apesar de não haver cultivo de soja nas colunas de solo, fica evidente a influência do histórico de adubação nas quantidades de K lixiviadas.

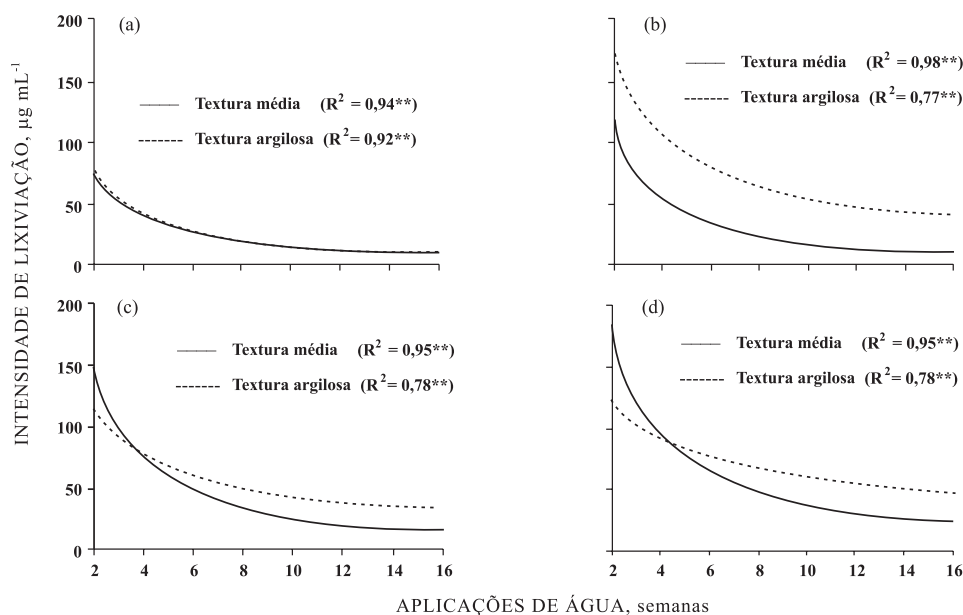


Figura 2. Intensidade de potássio percolado nas doses 0, 60, 120 e 180 kg ha⁻¹ de K₂O (a, b, c e d, respectivamente), complementadas com 80 kg ha⁻¹ de K₂O, durante as aplicações de água nos dois tipos de solo. **: significativo a 1 %.

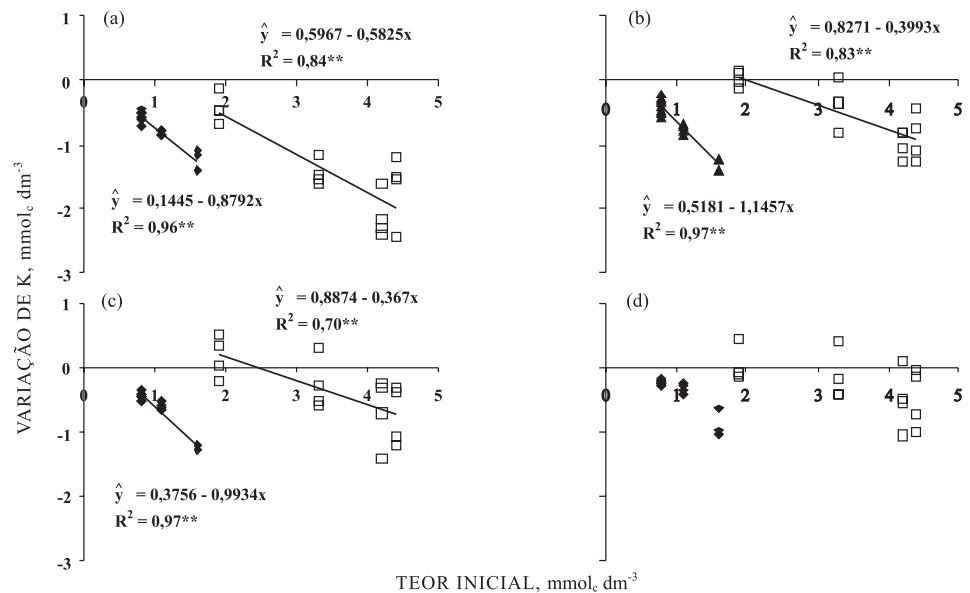


Figura 3. Correlação entre a variação do teor de potássio e o teor inicial de potássio trocável do solo proveniente da adubação residual e da complementar com 80 kg ha^{-1} de K_2O após aplicação de água, nas profundidades de 0–5, 5–10, 10–20 e 20–40 cm (a, b, c e d, respectivamente). (♦): Textura média (□): Textura argilosa. **: significativo 1 %.

Comportamento parecido ocorreu quando analisado o K não-trocável do solo (Figura 4). Observou-se maior quantidade de K lixiviado quanto maior foi o teor de K não-trocável, resultante do aumento da adubação potássica residual. Esse efeito, no solo de textura média, foi detectado até a camada de 20–40 cm. Para o solo argiloso, ocorreu apenas até 20 cm de profundidade. Dois fatos podem estar relacionados com esses resultados: o primeiro é que parte considerável do adubo aplicado é convertida em formas inicialmente não-trocáveis; e o segundo é que a passagem do K não-trocável para formas trocáveis e sujeitas à lixiviação é rápida, alterando de forma intensa a dinâmica desse elemento no perfil do solo. Isso torna a reposição da reserva de K não-trocável muito difícil, pois o próprio K considerado não-trocável pode ser lixiviado. Essa transição entre K trocável e não-trocável já foi relatada por Rosolem et al. (2006), em que o K oriundo da palha de milho e do fertilizante incrementou os teores de K não-trocável do solo até a camada de 8 cm, quando utilizado um solo esgotado.

Com relação à mineralogia dos solos, o mineral originado a partir da alteração dos feldspatos depende da intensidade do fluxo lixiviante. Nas condições brasileiras, a alteração dos feldspatos potássicos geralmente origina a caulinita, resultando em pequena reserva de K nas frações mais grosseiras do solo. Outro mecanismo importante de liberação de K dos minerais primários é o da transformação estrutural das micas por hidratação. Nesse processo, ocorre perda gradativa do K estrutural das entrecamadas, culminando com a transformação das micas em

minerais secundários, como a illita e vermiculita. As reações de hidrólise nas micas também resultam na liberação de K e na síntese de novos minerais secundários. Com relação ao K fixado, esse é pouco representativo em solos com predomínio de minerais do tipo 1:1, como é o caso dos Latossolos. As reações de intemperismo podem também formar outros tipos de minerais de argila, com características estruturais intermediárias, que podem conter estruturas de dois ou mais minerais num mesmo cristal, em combinações do tipo mica-vermiculita, illita-vermiculita, caulinita-vermiculita e caulinita-esmectita. Esses argilominerais ainda são pouco estudados devido à dificuldade de detecção pelos métodos convencionais, porém são cada vez mais referenciados como componentes importantes em solos, notadamente naqueles mais intemperizados, ou seja, esses argilominerais podem constituir fontes importantes de K no solo (Ernani et al., 2007b). No entanto, esses processos, além de ser lentos, dificilmente podem justificar as perdas de K não-trocável por lixiviação verificadas neste trabalho, uma vez que essa foi incrementada em função do aumento dos teores iniciais não-trocáveis, decorrentes da adubação anterior. Portanto, o K não determinado por extratores utilizados para avaliar a disponibilidade de K, e que é oriundo do histórico da adubação, pode ser o principal componente nessa lixiviação de K considerado não-trocável.

A contribuição do K oriundo de formas não-trocáveis na percolação de potássio foi incrementada em função do aumento das doses de K_2O nas duas

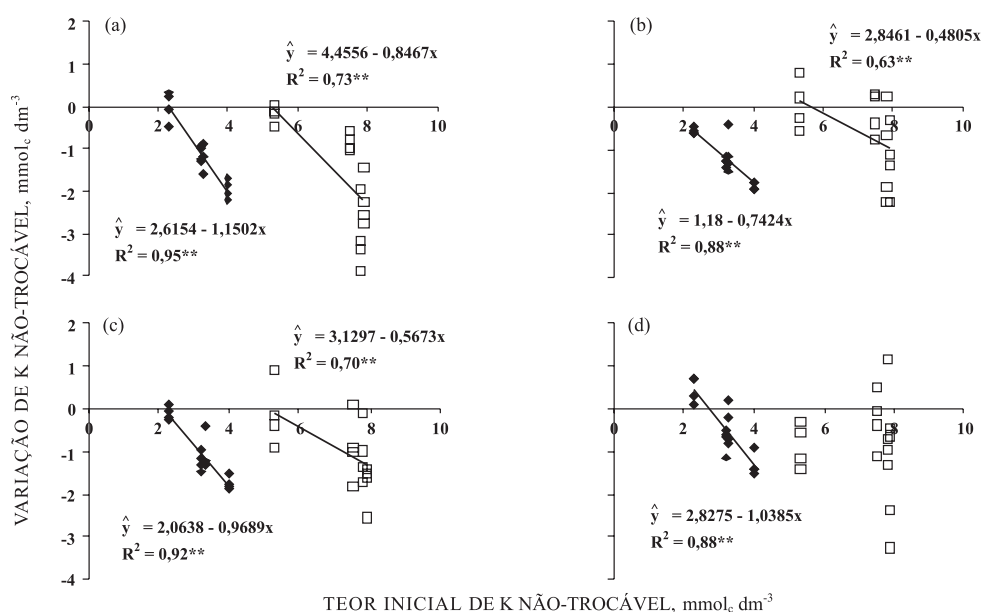


Figura 4. Correlação entre a variação do teor de potássio e o teor inicial de potássio não-trocável do solo proveniente da adubação residual e da complementar com 80 kg há^{-1} de K_2O após aplicação de água, nas profundidades de 0-5, 5-10, 10-20 e 20-40 cm (a, b, c e d, respectivamente). (♦): Textura média (□): Textura argilosa. * e **: significativo a 5 e 1 %, respectivamente.

Quadro 2. Quantidade inicial de potássio (K trocável + K adubo superficial), quantidade final de K trocável após aplicação de água (Kt final), quantidade percolada (K percolado) e contribuição do K não-trocável (Knt) na percolação de potássio

K ₂ O	K inicial	Kt final	K percolado	Knt
kg ha ⁻¹	mg			%
Textura média				
0	37,54	13,21	28,17	13,6
60	37,54	13,59	38,41	37,6
120	46,73	18,49	61,14	53,8
180	62,04	16,01	83,02	44,6
Textura argilosa				
0	71,24	50,67	29,45	30,2
60	141,64	104,57	90,00	58,8
120	114,04	86,50	85,00	67,6
180	147,82	111,00	101,72	63,8

classes de solo (Quadro 2). No caso do solo argiloso, 67,6 % de K percolado na dose de $120 \text{ kg há}^{-1} \text{K}_2\text{O}$ foi proveniente de formas consideradas não-trocáveis, contra 53,8 % no solo de textura média, ou seja, o K não-trocável tem grande influência na lixiviação de K em solos com vários anos de adubação potássica, em função do aumento da quantidade de adubo aplicado. O K aparece em diversas formas no solo: K da solu-

ção, K trocável, K fixado e K estrutural. A proporção do K total do solo nas formas de K da solução e K trocável é relativamente pequena.

O suprimento de K para as plantas se dá através da solução e dos sítios de troca dos colóides do solo, que estão em equilíbrio com o K fixado e o K estrutural dos minerais (Sparks & Huang, 1985). No entanto, Sparks (1987) relata que o K do solo também pode ser classificado em função da velocidade com que se disponibiliza às plantas, sendo considerado K solúvel (prontamente disponível), K rapidamente trocável, K vagarosamente trocável, e K estrutural (praticamente indisponível). O tipo de solo pode influenciar nessa velocidade de suprimento às plantas. Rosolem et al. (1996) argumentam que as divisões entre as formas de K do solo são arbitrárias, e deveriam corresponder às diferenças quanto à disponibilidade deste nutriente às plantas.

CONCLUSÕES

1. O efeito residual da adubação potássica aumentou as quantidades de K percolado nos solos de textura média e argilosa.

2. A movimentação de K no perfil do solo está relacionada com o teor inicial resultante da adubação potássica anterior nos dois tipos de solo.

3. A passagem de K considerado não-trocável para trocável é rápida com o aumento do efeito residual, influenciando na lixiviação.

LITERATURA CITADA

- BORKERT, C.M.; FARIAS, J.R.B.; SFREDO, G.J.; TUTIDA, F. & SPOLADORI, C.L. Resposta da soja à adubação e disponibilidade de potássio em latossolo roxo distrófico. *Pesq. Agropec. Bras.*, 32:1235-1249, 1997a.
- BORKERT, C.M.; FARIAS, J.R.B.; SFREDO, G.J.; TUTIDA, F. & SPOLADORI, C.L. Resposta da soja à adubação e disponibilidade de potássio em latossolo roxo álico. *Pesq. Agropec. Bras.*, 32:1119-1129, 1997b.
- CAIRES, E.F.; BLUM, J.; BARTH, G.; GARBUIO, F.J. & KUSMAN, M.T. Alterações químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na implantação do sistema plantio direto. *R. Bras. Ci. Solo*, 27:275-286, 2003.
- CERETTA, C.A.; BASSO, C.J.; DIEKOW, J.; AITA, C.; PAVINATO, P.S.; VIEIRA, F.C.B. & VENDRUSCULO, E.R.O. Nitrogen fertilizer split-application for corn in no-till succession to black oats. *Sci. Agric.*, 59:549-554, 2002.
- COSTA, A. & ROSOLEM, C.A. Liming in the transition to no-till under a wheat-soybean rotation. *Soil Tillage Res.*, 97:207-217, 2007.
- ELKHATIB, E.A. & HERN, J.L. Kinetics of phosphorus desorption from Appalachian soils. *Soil Sci.*, 145:222-229, 1988.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília, Embrapa/Produção de Informação, 1999. 412p.
- ERNANI, P.R.; ALMEIDA, J.A. & SANTOS, F.C. Potássio. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B. & NEVES, J.C.L., eds. *Fertilidade do Solo*. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007b. p.551-594.
- ERNANI, P.R.; BAYER, C. & ALMEIDA, J.A. 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, 2007a.
- 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. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003. CD-ROM.
- FLORA, L.P.D.; ERNANI, P.R. & CASSOL, P.C. Mobilidade de cátions e correção da acidez de um cambissolo em função da aplicação superficial de calcário combinado com sais de potássio. *R. Bras. Ci. Solo*, 31:1591-1598, 2007.
- GARCIA, R.A.; CRUSCIOL, C.A.C.; CALONEGO, J.C. & ROSOLEM, C.A. Potassium cycling in a corn-bracharia cropping system. *Eur. J. Agron.*, 28:579-585, 2008.
- KLEPKER, D. & ANGHINONI, I. Modos de adubação, absorção de nutrientes e rendimento de milho em diferentes preparos de solo. *Pesq. Agropec. Gaúcha*, 2:79-86, 1996.
- KNUDSEN, D.; DETERSON, G.A. & PRATT, P.F. Lithium, sodium and potassium. In: BLACK, C.A.; GVANS, D.D.; WHITE, J.L.; ENSMINGER, L.E. & CLARK, F.E., eds. *Methods of soil analysis*. Madison, American Society of Agronomy, 1982. Part 2. p.225-246.
- MCLEAN, E.D. & WATSON, M.E. Soil measurement of plant available potassium. In: MUNSON, R. D., ed. *Potassium in agriculture*. Madison, American Society of Agronomy, 1985. p.277-308.
- MEURER, E.J. & ANGHINONI, I. Disponibilidade de potássio e sua relação com parâmetros de solo. *R. Bras. Ci. Solo*, 17:375-382, 1993.
- MIELNICKZUK, J. Avaliação da resposta das culturas ao potássio em ensaios de longa duração: Experiências brasileiras. In: YAMADA, T.; MUZZILLI, O. & USHERWOOD, N.R., eds. *Potássio na agricultura brasileira*. Piracicaba, Instituto da Potassa e Fosfato, 1982. p.289-303.
- MIELNICZUK, J. & SELBACH, P. Capacidade de suprimento de potássio de seis solos do Rio Grande do Sul. *R. Bras. Ci. Solo*, 2:115-120, 1979.
- NACHTIGALL, G.R. & VAHL, L.C. Capacidade de suprimento de potássio dos solos da região do Rio Grande do Sul. *R. Bras. Ci. Solo*, 15:37-42, 1991.
- OLIVEIRA, V.; LUDWICK, A.E. & BEATTY, M.T. Potassium removed from some southern brazilian soils by exhaustive cropping and chemical extractions methods. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 35:763-767, 1971.
- QUAGGIO, J.A. Acidez e calagem em solos tropicais. Campinas, Instituto Agrônomo de Campinas, 2000. 111p.
- RAIJ, B.van. Fertilidade do solo e adubação. Piracicaba, Ceres, 1991. 343p.
- RAIJ, B.van.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. & FURLANI, A.M.C. *Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo*. 2.ed. Campinas, Instituto Agrônomo & Fundação IAC, 1996. 285p.
- RAIJ, B.van.; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H. & QUAGGIO, J.A. *Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais*. Campinas, Instituto Agrônomo de Campinas, 2001. 285p.
- ROSOLEM, C.A.; MARUBAYASHI, O.M. & THIAGO, W.M. Significância de formas não-trocáveis de potássio na nutrição da soja. *Científica*, 24:263-273, 1996.
- ROSOLEM, C.A.; NAKAGAWA, J. & MACHADO, J.R. Adubação potássica da soja em latossolo vermelho escuro fase arenosa. *Pesq. Agropec. Bras.*, 19:1319-1326, 1984.
- ROSOLEM, C.A.; BESSA, A.M. & PEREIRA, H.F.M. Dinâmica do potássio no solo e nutrição potássica da soja. *Pesq. Agropec. Bras.*, 28:1045-1054, 1993.
- ROSOLEM, C.A.; SANTOS, F.P.; FOLONI, J.S.S. & CALONEGO, J.C. Potássio no solo em consequência da adubação sobre a palha de milho e chuva simulada. *Pesq. Agropec. Bras.*, 41:1033-1040, 2006.

- SILVA, D.N.; MEURER, E.J.; KAMPF, N. & BORKERT, C.M. Mineralogia e formas de potássio em dois Latossolos do Estado do Paraná e suas relações com a disponibilidade para as plantas. R. Bras. Ci. Solo, 19:433-439, 1995.
- SOUZA, E.A.; CARNIATO, N.C.; BAUMGARTNER, J.G. & SANTIAGO, G. Efeito do calcário dolomítico do superfosfato simples e do cloreto de potássio na cultura do girassol (*Helianthus annuus* L.). Científica, 7:199-203, 1979.
- SPARKS, D.L. Potassium dynamics in soils. In: STEWART, B.A., ed. Advances in soil sciences. New York, Springer-Verlag, 1987. v.6. p.1-61.
- SPARKS, D.L. & HUANG, P.M. The physical chemistry of soil potassium. In: MUNSON, R.E., ed. Potassium in agriculture. Madison, Soil Science Society of America, 1985. p.201-276.
- VASCONSELOS, C.A.; SANTOS, H.L. & FRANÇA, G.E. O potássio na cultura do milho. In: SIMPÓSIO SOBRE POTÁSSIO NA AGRICULTURA BRASILEIRA, Londrina, 1982. Anais. Piracicaba, Ibrafos, 1982. p.437-448.
- VEDUIN, J.V.R. Estimativa da disponibilidade de potássio em solo arenoso. Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria, 1994. 43p. (Dissertação de Mestrado)