

# SEÇÃO IV - FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS

## LIXIVIAÇÃO DE POTÁSSIO NO SOLO DE ACORDO COM SUAS DOSES APLICADAS SOBRE PALHA DE MILHETO<sup>(1)</sup>

Ciro Antonio Rosolem<sup>(2)</sup>, Rodrigo Arroyo Garcia<sup>(3)</sup>, José Salvador  
Simoneti Foloni<sup>(4)</sup> & Juliano Carlos Calonego<sup>(5)</sup>

### RESUMO

A presença de palha na superfície do solo influi na ciclagem do K do sistema de produção e pode alterar as propriedades químicas do solo, com possíveis reflexos na lixiviação do nutriente. No presente trabalho, foi avaliada a lixiviação de K no perfil de um solo submetido a 30 mm de chuva simulada, de acordo com doses de K aplicadas a lanço, na presença e ausência de palha de milho na superfície do solo. O milho foi cultivado por 55 dias em condições controladas. A seguir, foi cortado à altura do colo, em pedaços de 3 a 5 cm e colocado sobre o solo, em vasos de PVC com 20 cm de diâmetro, em quantidade equivalente a 8 t ha<sup>-1</sup> do material seco. Sobre a palha foi aplicado cloreto de K, correspondente às doses de 0, 40, 80, 120 e 160 kg ha<sup>-1</sup>. A seguir, os vasos foram submetidos à chuva simulada equivalente a 30 mm. A palha foi coletada e analisada quanto aos teores de K, assim como o solo foi amostrado nas profundidades de 0-2, 2-4, 4-8, 8-12 e 12-20 cm de profundidade para análise de K trocável. A chuva de 30 mm foi necessária e suficiente para carrear para o solo o fertilizante potássico aplicado sobre a palha. A intensidade de lixiviação do K no perfil do solo foi proporcional à dose aplicada, de modo que uma chuva de 30 mm lixiviou o nutriente até a camada de 8-12 cm de profundidade, quando o solo estava descoberto. A presença de palha de milho na superfície do solo aumentou a quantidade de K levada até à superfície do solo pela chuva, mas diminuiu a intensidade de lixiviação do nutriente.

**Termos de indexação:** sistemas de produção, semeadura direta, fertilidade do solo, manejo do solo.

---

<sup>(1)</sup> Recebido para publicação em dezembro de 2004 e aprovado em agosto de 2006.

<sup>(2)</sup> Professor Titular. Departamento de Produção Vegetal, Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista – UNESP. Caixa Postal 237, CEP 18603-970 Botucatu (SP). Bolsista do CNPq. E-mail: rosolem@fca.unesp.br

<sup>(3)</sup> Acadêmico de Agronomia, Faculdade de Ciências Agrônomicas, UNESP. Bolsista do CNPq (PIBIC). E-mail: ragarcia@fca.unesp.br

<sup>(4)</sup> Professor da Universidade do Oeste Paulista – UNOESTE. Rod. Raposo Tavares, km 572, CEP 19067-175 Presidente Prudente (PR). E-mail: sfoloni@unoeste.br

<sup>(5)</sup> Doutorando em Agronomia, Faculdade de Ciências Agrônomicas, UNESP. E-mail: jcalonego@fca.unesp.br

**SUMMARY: POTASSIUM LEACHING IN SOIL AS AFFECTED BY POTASSIUM FERTILIZER RATES APPLIED OVER PEARL MILLET STRAW**

*The presence of straw on soil surface affects K cycling in the production system and can affect soil chemistry by modifying K leaching rate and intensity. An experiment was conducted to evaluate K leaching as affected by 30 mm of simulated rain over pearl millet straw receiving several broadcasted K rates. Pearl millet was grown for 55 days in a green house and then cut at soil level into pieces of 3 to 5 cm. Then it was distributed over the soil surface of 20 cm diameter PVC tubes at a rate of 8 t ha<sup>-1</sup>. Rates of 0, 40, 80, 120, and 160 kg ha<sup>-1</sup> of K<sub>2</sub>O were applied over the straw and a 30 mm rain simulated. The straw was collected and analyzed for K contents. The soil was sampled at depths of 0–2, 2–4, 4–8, 8–12, and 12–20 cm and analyzed for exchangeable K contents. The 30 mm rain was necessary and sufficient to wash the K fertilizer applied over the straw down to the soil surface. K leaching intensity in the soil profile increased with K rates to a depth of 8–12 cm when there was no pearl millet straw on the soil surface. More K reached the soil in pots with straw on the surface, while K leaching decreased.*

*Index terms: No-till, soil fertility, soil management, production systems.*

**INTRODUÇÃO**

Os restos vegetais deixados na superfície do solo em sistemas de produção com semeadura direta podem constituir uma reserva considerável de nutrientes (Fiorin, 1999). Por essa razão, o K contido na palha da superfície do solo em sistemas de semeadura direta pode tornar-se uma fonte expressiva de K para nutrição da cultura subsequente, como demonstrado por FOLONI & ROSOLEM (2004). FOLONI (2003) demonstrou, ainda, que as maiores produtividades de soja ocorreram utilizando-se adubação com 90 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, podendo a dose de adubo ser aplicada de uma só vez na semeadura da soja, na semeadura do milho ou parcelada, visto que a antecipação total ou parcial da adubação potássica da soja na semeadura da planta de cobertura não comprometeu a produtividade de grãos.

No trabalho de ROSOLEM et al. (2003), observou-se, também, o potencial do K contido na palha como fonte do nutriente em sistemas de rotação de culturas, quando restos vegetais de aveia preta, milho, sorgo, crotalária juncea, braquiária e triticale foram submetidos à simulação de chuva. Foram observadas concentrações de K consideráveis na água percolada, com valores que variaram de 7 a 24 kg ha<sup>-1</sup> de K lixiviado de uma cobertura equivalente a 8 t ha<sup>-1</sup> de matéria seca de palha, com lâminas d'água acumuladas da ordem de 70 mm, sem que houvesse, aparentemente, decomposição do material vegetal.

Segundo ROSOLEM (1997), o manejo adequado da adubação potássica, no que diz respeito à quantidade de adubo a ser aplicada, é importante do ponto de vista econômico e ambiental, visto que o excesso de adubação pode prejudicar o rendimento das culturas, bem como elevar as perdas por lixiviação. Por outro lado, o uso de subdoses de fertilizante pode empobrecer o solo cultivado, levando as reservas de K à exaustão com o decorrer dos anos de cultivo. As tabelas de recomendação prevêem,

geralmente, a aplicação de fertilizantes potássicos no sulco de semeadura das culturas anuais, embora esta também possa ser feita a lanço antes da semeadura das plantas sem perdas de produtividade (RAIJ et al., 1996).

A energia de ligação dos cátions trocáveis Ca, Mg e K aos colóides do solo depende da valência e do tamanho do íon hidratado, de modo que, em solos bem drenados, as quantidades de K lixiviadas são relativamente maiores do que as dos cátions bivalentes (RAIJ, 1991). Sendo assim, nos manuais de adubação, recomenda-se o parcelamento da adubação potássica para minimizar perdas por lixiviação, principalmente em solos arenosos (RAIJ et al., 1996). ZIGLIO et al. (1999) verificaram que, em sistemas com palha de aveia e mucuna em superfície, ocorreu lixiviação preferencial de cátions bivalentes, ao contrário do que normalmente se observa em cultivo convencional, sem palha na superfície. FRANCHINI et al. (1999) também notaram que Ca e Al foram os principais cátions mobilizados com a aplicação de extratos de plantas ao solo. Isso ocorre porque os ligantes orgânicos têm ligação mais estável com íons de maior valência (ROSOLEM et al., 2004).

Portanto, tanto o parcelamento da adubação potássica como o cultivo de plantas de cobertura para produzir palha no sistema de semeadura direta podem constituir estratégias para minimizar perdas de K por lixiviação sem comprometer a produtividade das culturas no sistema de rotação. Entretanto, não está claro ainda o destino do K que é reciclado da palha deixada na superfície, ou mesmo do adubo aplicado sobre a palha.

No presente trabalho, objetivou-se estudar a lixiviação de K ao longo do perfil de um solo submetido a 30 mm de chuva simulada, considerando as doses de KCl aplicadas a lanço, na presença ou ausência de palha de milho na superfície.

## MATERIAL E MÉTODOS

Numa primeira etapa, plantas de milheto (*Pennisetum glaucum*, var. BN-2) foram cultivadas em casa de vegetação do Departamento de Produção Vegetal-Agricultura, da FCA-UNESP, Botucatu, durante os meses de novembro a dezembro de 2003. A terra utilizada nos vasos foi coletada de 0–20 cm de profundidade em um Latossolo Vermelho distroférrico textura média (Embrapa, 1999), com predominância de caolinita na fração argila. Em seguida, a terra foi seca ao ar e passada em peneira com 4 mm de malha, e amostras foram retiradas para análise química, de acordo com Raij et al. (2001). Os resultados mostraram pH (CaCl<sub>2</sub>) 4,4, 20 g dm<sup>-3</sup> de M.O. 2,0 mg dm<sup>-3</sup> de P (resina), 26,0; 0,8; 6,0 e 3,0 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de H + Al, K, Ca e Mg, respectivamente, com 28 % de saturação por bases. Análise granulométrica foi efetuada, conforme Embrapa (1997), mostrando 210 g kg<sup>-1</sup> de argila, 20 g kg<sup>-1</sup> de silte e 770 g kg<sup>-1</sup> de areia. Corrigiu-se o solo com calcário dolomítico (CaO: 39 %, MgO: 13 % e PRNT: 91 %) para que a saturação por bases fosse elevada a 70 % (Raij et al., 1996). Após a calagem, as porções de terra foram umedecidas e acondicionadas em sacos plásticos por 30 dias. Parte da terra foi reservada para preencher as colunas de PVC que foram utilizadas, posteriormente, no processo de simulação de chuva. Em seguida, aplicaram-se 100 mg dm<sup>-3</sup> de N (uréia), 200 mg dm<sup>-3</sup> de P (superfosfato simples) e 156 mg dm<sup>-3</sup> de K (cloreto de K).

A semeadura do milheto foi efetuada com 50 sementes pré-germinadas por vaso com 14 dm<sup>3</sup> de terra. Dez dias após a semeadura, fez-se um desbaste e foram deixadas cerca de 30 plantas por vaso. Durante o cultivo do milheto, foram feitas duas adubações nitrogenadas em cobertura aos 15 e 30 dias da emergência, totalizando 100 mg dm<sup>-3</sup> de N na forma de uréia, isso para que houvesse boa formação de palha para ser utilizada na simulação de chuva.

Aos 55 dias da emergência, o milheto foi cortado na altura do colo e a parte aérea das plantas foi picada em pedaços de 3 a 5 cm e desidratada em estufa de aeração forçada a 30 °C, por 72 h, para homogeneizar o teor de água de toda palha a ser utilizada na simulação de chuva a um grau de umidade compatível ao encontrado em palhas em condição de campo. Uma amostra do material vegetal picado e desidratado foi seca em estufa de aeração forçada a 60 °C, por 48 h, para calibração da quantidade de massa de material vegetal desidratado a 30 °C, correspondente a 8 t ha<sup>-1</sup> de matéria seca a 60 °C. A mesma porção de palha seca a 60 °C foi moída e submetida à análise química para determinação do teor de K da parte aérea do milheto, seguindo o método descrito em Malavolta et al. (1997).

Anéis de PVC rígido com 20 cm de diâmetro interno foram cortados nas medidas de 2, 4, e 8 cm. Dois anéis com 2 cm de altura, dois com 4 cm e outro com

8 cm foram montados em sobreposição, sendo, posteriormente, unidos com fita plástica adesiva, constituindo uma coluna de solo com as camadas de 0–2, 2–4, 4–8, 8–12 e 12–20 cm. Após a montagem, o fundo das colunas foi perfeitamente vedado, de tal forma a evitar o vazamento de água percolada após o processo de simulação de chuva.

A terra que havia sido reservada para a simulação de chuva foi adubada com 100 mg dm<sup>-3</sup> de N (uréia) e 200 mg dm<sup>-3</sup> de P (superfosfato simples). Isso foi feito para elevar a fertilidade a nível compatível com a qualidade química da camada arável de solos cultivados.

O solo corrigido e adubado foi seco ao ar e acomodado nas colunas de PVC de tal forma que a densidade do solo atingisse 1,2 kg dm<sup>-3</sup>, equivalente à densidade do solo no campo. Colocou-se por cima de cada coluna de solo um outro anel com o mesmo diâmetro e com 5 cm de altura, para acomodar a palha de milheto picada e desidratada, equivalente a 8 t ha<sup>-1</sup> de matéria seca. Em seguida, foram aplicadas as diferentes doses de cloreto de K sobre as colunas, conforme os tratamentos: 0, 40, 80, 120 e 160 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O sem palha ou com o equivalente a 8 t ha<sup>-1</sup> de palha. A cada dose de cloreto de K em pó, foram adicionados dois gramas de areia grossa peneirada e seca em estufa a 60 °C, por 48 h, para que a aplicação do adubo fosse mais homogênea sobre as colunas de solo com ou sem palha.

O simulador de chuvas utilizado no experimento pertence ao Núcleo de Pesquisas Avançadas em Matologia (NUPAM), do Departamento de Produção Vegetal da FCA. O equipamento foi descrito detalhadamente por Silva (2000). A barra de suporte dos bicos pulverizadores foi fixada a 1,45 m acima das palhas. Utilizaram-se cinco bicos de alta vazão, da marca Spray Systems, modelo TK-SS-20, sendo o espaço entre bicos de 50 cm. O tracionamento do sistema de pulverização foi feito por meio de correias e engrenagens acionadas por motores elétricos, para manter a velocidade de deslocamento da barra constante e previamente determinada, conforme ajuste de um modulador de frequência. Para aplicar a lâmina de 30 mm de chuva, o equipamento foi calibrado, por meio de testes, com uma lâmina equivalente a 2,50 mm fixada para cada deslocamento da barra do simulador sobre as palhas. Desta forma, foram necessários 12 deslocamentos da barra do simulador. As gotas de chuva aplicadas no experimento foram geradas, utilizando-se uma pressão de trabalho de 0,81 kgf cm<sup>-2</sup>, com uma velocidade de deslocamento da barra de pulverização de 0,0919 m s<sup>-1</sup>. Foi escolhida a lâmina de 30 mm por ser suficiente para extrair a maior parte do K lixiviável nessas condições (Rosolem et al., 2003).

As colunas de solo foram colocadas em pontos equidistantes ao longo do percurso de deslocamento da barra. O procedimento adotado foi baseado em método desenvolvido por Maciel (2001).

As palhas que sofreram lavagem foram secas em estufa a 60 °C, por 72 h, e tiveram os teores de K determinados, segundo Malavolta et al. (1997). Três dias após a aplicação da chuva, após percolação total da água, as colunas foram desmontadas para coleta de amostras das diferentes profundidades do perfil do solo. As amostras de solo foram secas em estufa de aeração forçada a 40 °C, por 48 h, e, em seguida, destorroadas e passadas em peneira com 2 mm de malha, e os teores de K trocável foram determinados de acordo com Raij et al. (2001). Com os teores de K na palha antes e depois da aplicação da chuva, considerando a quantidade de 8 t ha<sup>-1</sup>, mais o nutriente aplicado como adubo, foi calculada a quantidade de K<sub>2</sub>O realmente adicionada ao solo.

O modelo experimental foi um fatorial 2 x 5, com quatro repetições, em blocos casualizados. Os resultados foram submetidos à análise de regressão, utilizando-se o modelo linear, que foi escolhido graças ao melhor ajuste e significância dos coeficientes de regressão do modelo.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O teor e, conseqüentemente, a quantidade de K encontrado no material vegetal após a simulação de chuva aumentaram de acordo com as doses de adubo potássico (Figura 1). Considerando a equação da reta que descreve o aumento da quantidade de K retida na palha em área equivalente a um hectare, nota-se que a própria palha continha pouco mais de 94 kg ha<sup>-1</sup> de K, após a aplicação da chuva. Este valor é compatível com outros resultados que têm sido obtidos (Rosolem et al., 2003; Foloni & Rosolem, 2004). Por outro lado, quando foram aplicados 160 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, a quantidade de K retida na palha foi aumentada em 15 kg ha<sup>-1</sup>, demonstrando que a palha perdeu menos K com o aumento das doses aplicadas, ou, ainda, que até 18 kg ha<sup>-1</sup> do fertilizante (K<sub>2</sub>O) aplicado ficaram retidos na palha, mesmo após a chuva.

Antes da aplicação da chuva, a palha de milho continha 14,1 g kg<sup>-1</sup> de K, correspondendo a 112,8 kg ha<sup>-1</sup> de K para 8 t ha<sup>-1</sup> de material vegetal após a chuva, a quantidade de K na palha foi diminuída para pouco mais de 94 kg ha<sup>-1</sup>, de modo que a própria palha serviu de fonte de nutriente para o solo (Figura 1). Assim as quantidades de K<sub>2</sub>O realmente adicionadas ao solo, considerando a contribuição da palha de milho são apresentadas na figura 2. A linha tracejada corresponde à proporção 1:1, de modo que a diferença entre a linha contínua e a tracejada corresponde à contribuição da palha para a adição de K ao solo. Esta também é a diferença nas quantidades de nutrientes adicionadas entre os tratamentos que receberam ou não palha de milho. Tais resultados demonstram a grande capacidade que as plantas de cobertura apresentam em fornecer K contido no

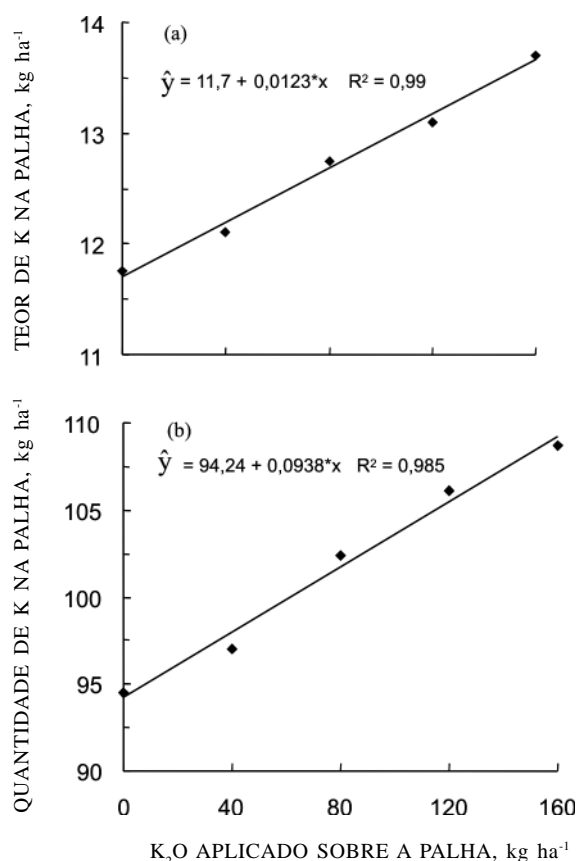


Figura 1. Teor e quantidade de K na palha (a) e (b) respectivamente, após a simulação de chuva nas diferentes doses de adubo potássico aplicadas em cobertura. \* significativo a 5 %.

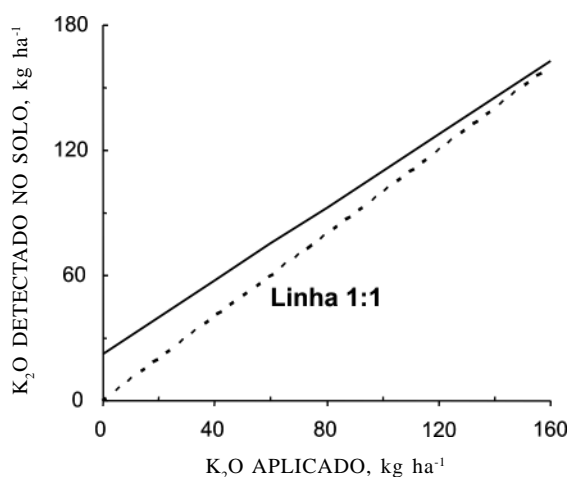


Figura 2. Quantidades de K<sub>2</sub>O detectado no solo, considerando a contribuição do fertilizante aplicado e da palha. A linha cheia corresponde à quantidade adicionada pelo fertilizante mais palha. A linha 1:1 (tracejada) corresponde à adição por meio do fertilizante.

material vegetal para a cultura subsequente, principalmente nas doses mais baixas do fertilizante, uma vez que o tratamento que não recebeu adubo potássico em cobertura forneceu  $22 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ , com a lixiviação provocada por uma lâmina de 30 mm de chuva. A cobertura morta é um dos pontos-chave do sistema de semeadura direta, que se reflete na fertilidade do solo e na eficiência de absorção dos nutrientes pelas culturas (Kochann & Selles, 1991). Segundo Oliveira et al. (2000), as principais características na escolha de plantas de cobertura e adubos verdes são a produção de fitomassa e a capacidade de reciclar nutrientes.

Por outro lado, doses de  $\text{K}_2\text{O}$  acima de  $80 \text{ kg ha}^{-1}$  podem causar lixiviação do nutriente aplicado (Rosolem & Nakagawa, 2001). Neste caso, a presença da palha não ajudaria muito, uma vez que, com as maiores

doses do fertilizante, a palha teve pouca influência na quantidade do nutriente que chegou ao solo, quando comparada às parcelas sem palha (Figura 2).

Na profundidade de até 4 cm, o aumento da dose de K aplicada proporcionou aumento linear no teor de K trocável do solo, nos tratamentos com ou sem palha na superfície (Figura 3a e 3b), destacando-se a maior concentração de K trocável no solo na presença da palha de milho como cobertura morta. Isso seria esperado, em decorrência da quantidade do nutriente que foi liberada da palha (Figura 2). Entretanto, é interessante notar que a diferença entre os teores obtidos com e sem palha, na profundidade de 0–2 cm (Figura 3a), mostrou-se maior que aquela observada na profundidade de de 2–4 cm (Figura 3b). Assim, a presença de palha tem efeito na intensidade de lixiviação do K.

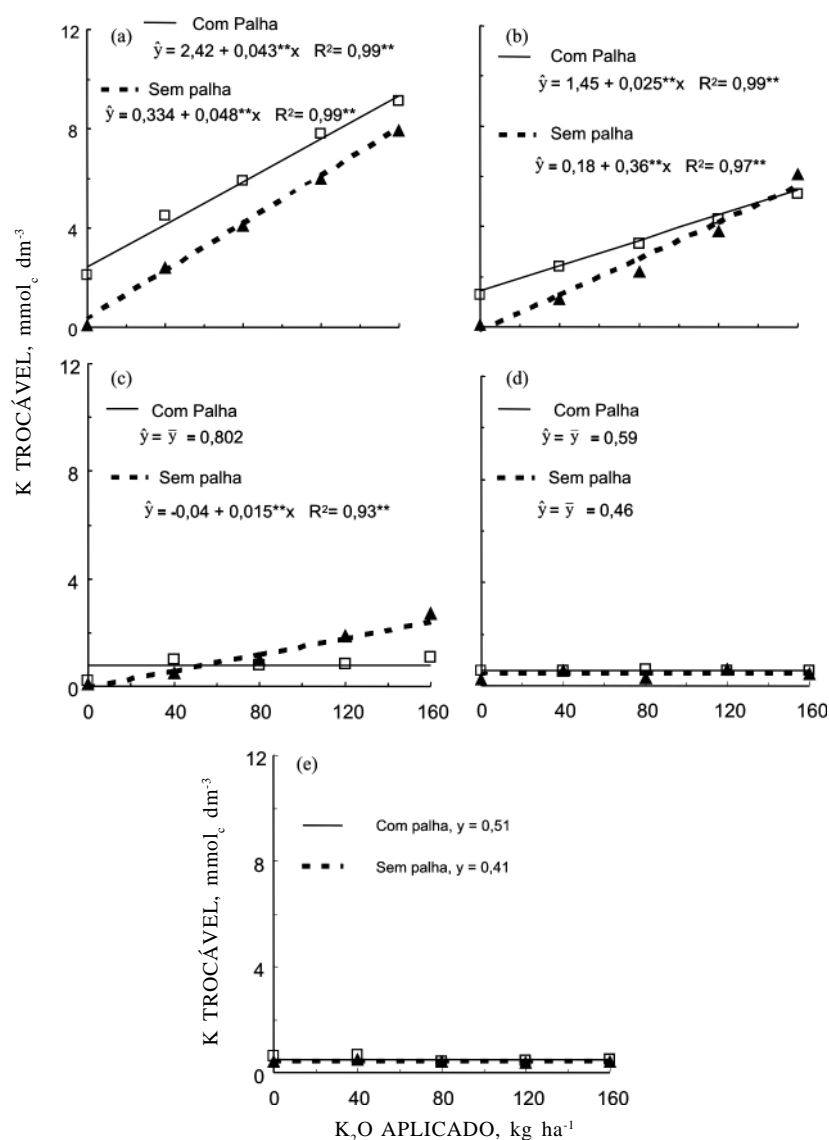


Figura 3. Teores de K trocável em diferentes profundidades (a: 0–2 cm; b: 2–4 cm; c: 4–8 cm; d: 8–12 cm, e: 12–20 cm) nas cinco doses de adubo aplicadas na ausência ou presença de palha na superfície do solo. (\*\* significativo a 1 % pelo teste T).

Na profundidade de 4–8 cm (Figura 3c), verificou-se aumento da quantidade de K do solo de acordo com o aumento da dose de  $K_2O$  apenas no tratamento com ausência de palha na superfície, tendo permanecido o teor de K no solo, proveniente da palha, constante, em torno de  $0,8 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ . Assim, além de influenciar a intensidade de lixiviação do K, a presença da palha influenciou a profundidade atingida com lâmina d'água de 30 mm.

Nas demais profundidades (Figura 3d e 3e), não houve aumento de K lixiviado nas colunas de solo com presença ou ausência de palha na superfície, mesmo quando as doses de adubo em cobertura foram elevadas.

No caso dos vasos com milheto, ficou claro que a palha contribuiu significativamente para a quantidade de K que atingiu a superfície do solo com a chuva (Figura 2). Entretanto, apesar do maior aporte de nutriente no solo, essa diferença foi observada principalmente nos primeiros 2 cm de profundidade, ficando a maior parte do nutriente retida nesta camada do solo. Na profundidade de 4–8 cm, mesmo havendo maior aporte de K na presença de palha, apareceu mais K trocável com altas doses de fertilizante, sem palha em superfície, de modo que a presença da palha parece ter atenuado o processo de lixiviação do K.

A lixiviação de K depende, principalmente, do teor do nutriente na solução e da quantidade de água percolada através do perfil do solo. Dentre os fatores que interferem na concentração de K na solução do solo, destacam-se a CTC e a força de adsorção desse nutriente pelo solo. De acordo com Vilela et al. (2004), a calagem aumenta a CTC e, conseqüentemente, fornece mais sítios de troca para a retenção de K, podendo diminuir a lixiviação. Por outro lado, o complexo de troca do solo pode ficar saturado quando a adubação é feita no sulco de semeadura, o que pode provocar maiores perdas por lixiviação em relação à mesma dose aplicada a lanço. Os autores demonstraram, em um Latossolo Vermelho-Amarelo argiloso, que a lixiviação de K foi maior na dose de  $120 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $K_2O$  aplicada no sulco do que quando aplicada a lanço.

No presente caso, a aplicação a lanço sobre a palha deve ter evitado a lixiviação do K em maior intensidade. Entretanto, as interações do K do solo com o Ca do calcário, com a CTC e com a localização do fertilizante não explicam porque, nos vasos sem palha, o nutriente foi lixiviado com mais intensidade e até profundidade maior do que nos vasos que continham palha em superfície.

Uma das condições indispensáveis à lixiviação de cátions no solo é a presença de ânions solúveis, tais como  $Cl^-$ ,  $NO_3^-$ ,  $NO_2^-$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $OAc^-$ ,  $OFo^-$  e  $HCO_3^-$ . Mesmo os cátions monovalentes,  $Na^+$  e  $K^+$ , são lixiviados somente na companhia de ânions solúveis. A retenção de  $M^+$  nas camadas superficiais do solo ocorreria apenas quando as cargas negativas dos ácidos

húmicos e das argilas estivessem livres, o que naturalmente não ocorre. Isto explicaria a facilidade com que o K na forma de fertilizante KCl, quando aplicado no solo, é rapidamente lixiviado pela água de chuva. Deste modo, em solos minerais ácidos, a lixiviação de cátions segue a ordem:  $K^+ > Mg^{2+} > Ca^{2+} > Al^{3+}$  (Raij, 1986).

Para minimizar estas perdas, foi sugerida a alteração da química da solução do solo, com vistas em favorecer uma maior mobilidade das formas  $M^{2+}$ , situação possível com a manutenção de resíduos vegetais na superfície em sistemas conservacionistas, como o plantio direto, e em culturas perenes (Oliveira & Pavan, 1996; Pavan, 1994), como foi o presente caso. Ziglio et al. (1999) verificaram que, em sistemas com palha de aveia e mucuna em superfície, ocorreu lixiviação preferencial de cátions bivalentes, ao contrário do que normalmente se observa em cultivo convencional, sem palha na superfície. Franchini et al. (1999) também notaram que Ca e Al foram os principais cátions mobilizados com a aplicação de extratos de plantas ao solo. Isso ocorre porque os ligantes orgânicos têm ligação mais estável quanto maior a valência do íon (Rosolem et al., 2004).

Desta forma, no presente experimento, ácidos orgânicos liberados da palha nos vasos com milheto na superfície do solo podem ter funcionado como ligantes, proporcionando maior retenção do K nas camadas mais superficiais do solo, minimizando sua lixiviação.

## CONCLUSÕES

1. A intensidade de lixiviação do K no perfil do solo foi proporcional à dose aplicada.
2. Uma chuva de 30 mm causou lixiviação do nutriente no máximo até à camada de 4–8 cm de profundidade, quando o solo estava descoberto.
3. A palha de milheto na superfície do solo aumentou a quantidade de K levada até à superfície do solo pela chuva, mas diminuiu a lixiviação do nutriente na coluna de solo.

## LITERATURA CITADA

- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. Rio de Janeiro, 1999. 412p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solo. 2.ed. Rio de Janeiro, 1997. 212 p.
- FIORIN, J.E. Plantas recuperadoras de fertilidade do solo. In: CURSO SOBRE ASPECTOS BÁSICOS DE FERTILIDADE E MICROBIOLOGIA DO SOLO EM PLANTIO DIRETO, 3., Passo Fundo, Aldeia Norte, 1999. 92p. (Resumos de Palestras)

- FOLONI, J.S.S. Dinâmica do potássio em sistema de produção de soja em rotação com aveia e milho. Botucatu, Universidade Estadual Paulista, 2003. 139p. (Tese de Doutorado)
- FOLONI, J.S.S. & ROSOLEM, C.A. Potassium balance in soybean grown under no-till. In: INTERNATIONAL CROP SCIENCE CONGRESS, 4., Brisbane, 2004. Proceedings. Brisbane, ICSS, 2004. Publicação virtual: www.cropsscience.org.au
- FRANCHINI, J.C.; MIYAZAWA, M.; PAVAN, M.A. & MALAVOLTA, E. Dinâmica de íons em solo ácido lixiviado com extratos de resíduos de adubos verdes e soluções puras de ácidos orgânicos. Pesq. Agropec. Bras., 34:2267-2276, 1999.
- KOCHANN, R.A. & SELLES, F. O solo e sistema de manejo conservacionista. In: FERNANDES, J.M.; FERNANDEZ, M.R.; KOCHANN, R.A.; SELLES, F. & ZENTNER, R.P., eds. Manual de manejo conservacionista do solo para os Estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná. Passo Fundo, CNPT, 1991. p.43-52 (Documento, 1)
- MACIEL, C.D.G. Simulação do caminhar de herbicidas em diferentes tipos e quantidades de palhas utilizadas no sistema de plantio direto. Botucatu, Universidade Estadual Paulista, 2001. 89p. (Tese de Mestrado)
- MALAVOLTA, E.A.; VITTI, G.C. & OLIVEIRA, S.A. Avaliação do estado nutricional das plantas: Princípios e aplicações. Piracicaba, POTAFÓS, 1997. 201p.
- OLIVEIRA, F.H.T.; NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; CANTARUTTI, R.B. & BARROS, N.F. Fertilidade do solo no Sistema de Plantio Direto. In: ALVAREZ V., V.H.; SCHEFER, C.E.G.R.; BARROS, N.F.; MELLO, J.W.V. & COSTA, L.M., eds. Tópicos em ciência do solo. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. v.2. p.393-486.
- OLIVEIRA, E.L & PAVAN, M.A. Control of soil acidity in no-tillage system for soybean production. Soil Till. Res., 38:47-57, 1996.
- PAVAN, M.A. Movimentação do calcário no solo através de técnicas de manejo da cobertura vegetal em pomares de macieira. R. Bras. Frutic., 16:86-91, 1994.
- RAIJ, B. van. Propriedades eletroquímicas de solos. In: SIMPÓSIO AVANÇADO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO, 1986. Simpósio. Fundação Cargill, 1986. p.9-41.
- RAIJ, B. van. Fertilidade do solo e adubação. Piracicaba, Ceres, 1991. 343p.
- RAIJ, B. van.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. & FURLANI, A.M.C., eds. 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, 2001. 285p.
- ROSOLEM, C.A.; CALONEGO, J.C. & FOLONI, J. S. S. Lixiviação de potássio da palha de coberturas de solo em função da quantidade de chuva recebida. R. Bras. Ci. Solo, 27:355-362, 2003.
- ROSOLEM, C.A. Adubação potássica em sementeira direta. In: SIMPÓSIO SOBRE FERTILIDADE DO SOLO EM PLANTIO DIRETO, Dourados, 1997. Resumos e Palestras. Dourados, 1997. p.1-12.
- ROSOLEM, C.A.; MIYAZAWA, M.; FRANCHINI, J.C.; PAVAN, M.A. & COSTA, A. Soil acidity, pH and aluminum management in tropical soils: The Brazilian experience. In: WORLD SOYBEAN RESEARCH CONFERENCE, 7., Foz do Iguaçu, 2004. Proceedings. Foz do Iguaçu, Embrapa, 2004. p.310-318.
- ROSOLEM, C.A. & NAKAGAWA, J. Residual and annual potassic fertilization for soybeans. Nutr. Cycling Agroecosy., 59:143-149, 2001.
- SILVA, M.A.S. Depósitos da calda de pulverização no solo e em plantas de tiririca (*Cyperus rotundus* L.) em diferentes condições de aplicação. Botucatu, Universidade Estadual Paulista, 2000. 57p. (Tese de Doutorado)
- VILELA, L., SOUZA, D.M.G. & SILVA, J.E. Adubação potássica. In: SOUZA, D.M.G. & LOBATO, E., eds. Cerrado correção do solo e adubação. 2.ed. Brasília, Embrapa, 2004. p.169-183.
- ZIGLIO C., M.; MIYAZAWA, M. & PAVAN, M.A. Formas orgânicas e inorgânicas de mobilização do cálcio no solo. Braz. Arch. Biol. Technol., 42:257-262, 1999.