

DISTRIBUIÇÃO DO POTÁSSIO NO PERFIL DE UM SOLO, INFLUENCIADO PELA PLANTA, FONTES E MÉTODOS DE APLICAÇÃO DE ADUBOS⁽¹⁾

C. SANZONOWICZ⁽²⁾ & J. MIELNICZUK⁽³⁾

RESUMO

Estudaram-se em condições de campo, em um solo Podzólico Vermelho-Amarelo abrupto (unidade de mapeamento Itapoã) em Viamão (RS), os efeitos da dose de 300kg de K/ha, aplicada nas formas de KCl, K₂SO₄ e KAlSiO₄ (Kalsilita), a lanço com incorporação e no sulco de semeadura, na distribuição do K no perfil do solo, na presença e na ausência de plantas de milho (*Pennisetum americanum* (L.) Leeke). Aos 150 dias após a aplicação dos adubos, observou-se um aumento do teor médio de K trocável no perfil do solo em relação à testemunha até as profundidades de 15, 25 e 40cm, respectivamente para a KAlSiO₄, K₂SO₄ e KCl. O teor médio de K trocável foi maior na camada de 0 a 10cm de profundidade, quando se aplicou o nutriente a lanço com incorporação, em relação à aplicação no sulco de semeadura. A influência das plantas na diminuição do K no perfil foi significativa na camada de 0 a 5cm e de 10 a 15cm, respectivamente sem e com a aplicação de potássio.

SUMMARY: DISTRIBUTION OF POTASSIUM IN SOIL PROFILE, INFLUENCED BY PLANT, TYPE AND METHODS OF K FERTILIZER APPLICATION

*This research was conducted under field conditions, on a sandy Red Yellow Podzolic soil (Paleudult) of the Itapoã mapping unit, in Viamão, State of Rio Grande do Sul, Brazil, with the objective of determining the effect of 300 kg/ha of K applied as KCl, K₂SO₄ and KAlSiO₄ (Kalsilita), banded or broadcasted with incorporation, on the K distribution in the soil profile with and without millet (*Pennisetum americanum* (L.) Leeke) plants. After 150 days of the fertilizer application it was observed an increase in exchangeable K up to a depth of 15, 25, and 40cm for KAlSiO₄, K₂SO₄ and KCl, respectively. Higher exchangeable K values in the 0–10cm layer were observed when K was broadcasted as compared with band application. The effect of the presence of millet plants was significant on the exchangeable soil K up to the depth of 5 and 10–15cm, respectively, with and without K application.*

INTRODUÇÃO

A quantidade de K que percola para baixo da camada do solo ocupada pelas raízes depende do volume de água percolada e da sua concentração na solução do solo. A concentração de K na solução depende principalmente da quantidade de K adsorvido na fase trocável, da presença de ânions na solução e da capacidade de troca de cátions (CTC), principal componente do poder tampão de K (PTK) do solo (Mielniczuk, 1977).

Em solos de baixa CTC, o K aplicado na forma de adubo solúvel permanece em grande parte na solução do solo, e se não for absorvido pelas plantas, desloca-se para camadas mais profundas do perfil, com a água de percolação. Souza et alii (1979) verificaram em um Latossolo Vermelho-Escuro

argiloso de cerrado que cerca de 25% dos 600kg/ha de K₂O incorporados na camada de 0–10cm na forma de KCl, deslocou-se para a camada abaixo de 30cm de profundidade, durante o ciclo de uma cultura de milho na estação chuvosa. Da mesma forma, Oliveira & Oliveira (1976) determinaram perdas de 70,6 e 4,0% do K aplicado, respectivamente, em um solo de textura arenosa e média.

As perdas de K por percolação podem ser reduzidas com o emprego de fontes menos solúveis e/ou portadoras de ânions pouco móveis no solo, métodos de aplicação que evitem altas concentrações do nutriente na solução e elevação da CTC do solo pela calagem, ambos sempre associados a uma boa cobertura vegetal do solo. *

Conforme foi constatado por EMBRAPA (1979) e Raney (1960), os principais ânions que acompanham os

(1) Parte do trabalho de Tese do primeiro autor, para obtenção do título de Mestre em Agronomia (Solos), Departamento de Solos, Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Financiada pela FINEP. Apresentado no XIX Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Curitiba 17–24 de julho de 1983. Recebido para publicação em julho de 1984 e aprovado em março de 1985.

(2) Pesquisador da EMBRAPA/Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados. Caixa Postal 70.0023, CEP 73300 – Planaltina (DF).

(3) Professor do Departamento de Solos, Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, CEP 90000 – Porto Alegre (RS). Pesquisador do CNPq.

cátions na descida através do perfil do solo são: o nitrato (NO_3^-), o cloreto (Cl^-) e o sulfato (SO_4^{2-}). Terman (1977) observou também que há uma equivalência entre as quantidades lixiviadas de cátions e ânions. Entre os cátions, estavam presentes: Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ e Na^+ , e os seguintes ânions: NO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- , e ainda HCO_3^- , que também foi observado em maiores quantidades em solos não ácidos.

Os ânions que são fixados, como os fosfatos e os sulfatos, em solos com elevados teores de óxidos de Fe e Al (Volkweiss & Raij, 1977 e Couto et alii 1979), podem retardar a lixiviação do potássio, pois, segundo Bolt (1976), é a seguinte a ordem de adsorção de ânions pelo solo: $\text{SiO}_4 > \text{PO}_4 > \text{SO}_4 > \text{NO}_3 > \text{Cl}$. Estudos realizados por Ritchey et alii (1980) mostraram também que o Cl^- foi o que promoveu maior lixiviação de Ca^{2+} , vindo a seguir o SO_4^{2-} e, por último, o CO_3^{2-} .

O método de aplicação também pode influir na lixiviação do potássio. Quando a aplicação é feita a lanço, o K fica em contato com maior volume do solo, tendo, portanto, maior chance de ser adsorvido, permanecendo em menor quantidade na solução do solo, enquanto a aplicação no sulco faz que o K fique concentrado numa pequena porção do solo, mantendo alta concentração do nutriente na solução, favorecendo, dessa forma, a lixiviação (Ritchey, 1982 e Dibb, 1980).

A cobertura vegetal, embora, por via de regra, aumente a infiltração de água no solo, reduz as perdas de K por lixiviação, pela absorção do mesmo da solução do solo, retenção na biomassa e retorno à superfície no final do ciclo da planta (Ritchey, 1982).

Este trabalho teve por objetivo estudar a movimentação do íon K^+ no solo, quando foram utilizados diferentes métodos de aplicação das fontes de K (KCl , K_2SO_4 e Kalsilita), bem como observar a influência das plantas na distribuição do nutriente no perfil do solo, até a profundidade de 60cm.

MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi conduzido a campo, na localidade de Itapoã, município de Viamão (RS), no ano agrícola de 1981/82, em solo da unidade de mapeamento Itapoã, classificado como Podzólico Vermelho-Amarelo Abrupto (Paleudult) (Brasil, 1973) com horizonte A espesso e arenoso. Esta unidade de mapeamento de solos é formada, em sua maior parte, por solos profundos, podzolizados, bem drenados, ácidos, baixo teor de matéria orgânica e saturação de alumínio de média a baixa. A análise do solo de amostras retiradas do local antes da instalação do experimento, na profundidade de 0 a 20cm, revelou os seguintes valores: pH em água (1:1) de 5,1; 3,0 ppm de fósforo e 25 ppm de K extraíveis (Mehlich).

Cada unidade experimental media 6,0m de comprimento por 3,5m de largura, perfazendo 21,0m², sendo uma parte da parcela (3,5 x 4,0m = 14,0m²) cultivada com milho (*Pennisetum americanum* (L.) Leeke), enquanto o restante da área (3,5 x 2,0m = 7,0m²), ficou sem plantas. O espaçamento do milho foi de 50cm entre linhas, com cerca de 25 plantas por metro.

Os tratamentos constaram da combinação de três fontes de potássio: KCl , K_2SO_4 e KAlSiO_4 (Kalsilita); duas doses (0 e 300kg de K/ha) e de dois métodos de aplicação (a lanço com incorporação e no sulco de semeadura).

A Kalsilita ou Kaliofilita (KAlSiO_4), também conhecida comercialmente por Leucita, utilizada neste ensaio, foi sintetizada industrialmente por Fujimori, segundo Fujimori (1979, 1982). O material utilizado apresentava 23,5% de potássio. Na estrutura cristalina da Kalsilita, o K é liberado com maior facilidade do que nos materiais que lhe deram origem, pois, com uma solução 1N de HCl, consegue-se extrair cerca de 95% de K da amostra (Fujimori, 1982).

Os tratamentos foram distribuídos a campo em um delineamento em blocos casualizados, com três repetições.

A adubação corretiva com fósforo foi efetuada quinze dias após a aplicação e incorporação de 1,0t/ha de calcário dolomítico (com base em PRNT 100%). Toda a área experimental recebeu 600kg/ha de superfosfato simples. Ao mesmo tempo, foram aplicados nas respectivas parcelas os adubos potássicos a lanço com incorporação numa profundidade de 0 a 7cm. A seguir foram abertos sulcos com enxada em toda a área experimental, para efetuar a aplicação das três fontes de K no sulco de semeadura.

Cerca de 150 dias após a aplicação dos adubos se fez a amostragem do solo, nas três repetições. Para que isso fosse possível, foram abertas trincheiras de 60 x 70 x 90cm, respectivamente, de largura, profundidade e comprimento, perpendiculares às fileiras da cultura. Com o auxílio de um cubo metálico medindo 5 x 5 x 5cm, fez-se a amostragem de 5 em 5cm no sentido lateral (25cm para cada lado do sulco ou da planta) e no sentido vertical até a profundidade de 60cm, dando um total de 120 amostras por perfil. Este procedimento foi adotado para todas as fontes, quando estas foram aplicadas em linha e na presença e na ausência de plantas. Na testemunha e nos tratamentos em que o K foi aplicado a lanço com incorporação e na presença de plantas, foram coletadas sessenta amostras por perfil, pois partiu-se da linha de plantio e se fizeram cinco amostragens, no sentido lateral (25cm) e até a profundidade de 60cm. Na testemunha e nas parcelas em que as fontes foram aplicadas a lanço com incorporação e na ausência de plantas, foram coletadas duas colunas no perfil, distanciadas de 15cm entre si, sendo as amostras retiradas de 5 em 5cm até a profundidade de 60cm.

Para a determinação do K trocável, tomaram-se 2,0g de solo seco e peneirado e adicionaram-se 20ml de solução de acetato de amônio (CH_3COOH_4) 1N a pH 7,0. Após agitação por quinze minutos em agitador horizontal, as amostras ficaram em repouso por doze horas, para que houvesse a decantação das partículas sólidas. A seguir, foi feita a determinação do K trocável através do fotômetro de chama.

Com os dados de K no perfil, nos tratamentos onde este nutriente foi aplicado no sulco, construíram-se mapas de isoconcentrações. Em todos os perfis, calculou-se o teor médio de K por camadas de 5 em 5cm de profundidade, efetuando-se a análise estatística sobre estes valores usando o modelo de blocos casualizados. As diferenças entre médias de tratamento para cada camada foram comparadas com a diferença mínima significativa ($\text{DMS} = t_{0,05} \cdot s_d$, onde $t_{0,05}$ é o valor t de Student tabelado e, $s_d = \sqrt{2 \text{QM}/r}$ de forma que QM: quadrado médio e r : número de médias). Além deste, utilizou-se o teste de Duncan.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos mapas de isoconcentrações de K no perfil do solo (Figura 1), pode-se visualizar o efeito das fontes no desloca-

mento vertical e lateral do K aplicado, bem como o efeito das plantas na redução do K no perfil.

A presença da planta reduziu a concentração de K no perfil do solo, nas três fontes utilizadas, as quais, quando aplicadas em sulco, tiveram também um comportamento diferenciado sobre o aumento de K trocável no solo. A aplicação de KCl promoveu o aparecimento de curvas de isoconcentrações de 140 e 80 ppm de K, respectivamente, na ausência e na presença da planta (188,7 kg de K/ha retirado do solo pelo milho), na camada de 15 a 25 cm de profundidade. Com a aplicação de K_2SO_4 , na ausência da planta, a curva de isoconcentração mais alta foi 120 ppm na camada de 10 a 15 cm e, na presença da planta, onde houve uma retirada de 182,0 kg K/ha, o teor foi 80 ppm na profundidade de 0 a 5 cm. Quando foi utilizada a Kalsilita, tanto na ausência como na presença da planta, a maior isoconcentração de potássio ocorreu na camada superficial (0 a 5 cm de profundidade), sendo maior na ausência da planta (160 ppm) do que na sua presença (100 ppm). Neste caso, houve uma absorção pelo milho de 169,2 kg K/ha.

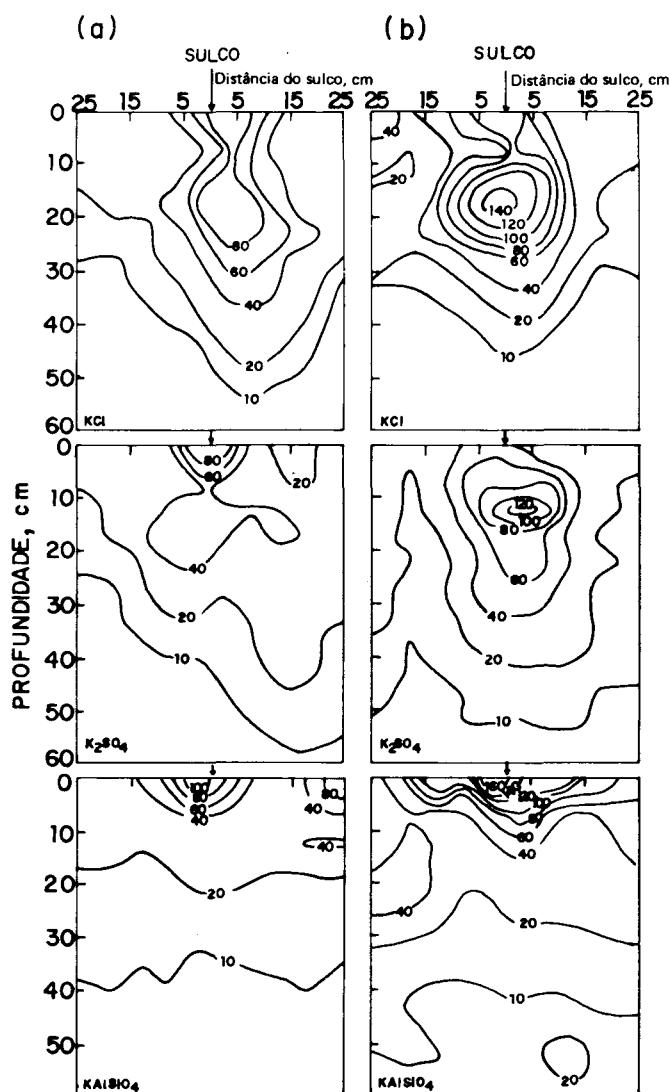


Figura 1. Distribuição do K trocável (ppm) no perfil do solo, amostrado 150 dias após a aplicação, no sulco de semeadura, de 300 kg/ha de K, na forma de KCl, K_2SO_4 e KAlSiO₄ (Kalsilita): a: com planta; b: sem planta.

As análises da variância efetuadas sobre os teores médios de K por camada de 5 cm, revelaram que foram significativos os efeitos do KCl, K_2SO_4 e da Kalsilita no aumento do K trocável, nas diferentes camadas do perfil do solo.

Na figura 2, pode-se observar o efeito destas fontes na modificação dos teores médios de K trocável nas diferentes profundidades do perfil. Todas as fontes promoveram aumentos significativos no teor de K, na camada superficial do solo (0 a 15 cm) em relação à testemunha, e estas, por sua vez, não diferiram entre si na camada de 0 a 10 cm de profundidade, pelo teste de DMS, ao nível de 5%.

Comparando os teores de K existente no perfil, verifica-se que houve uma modificação significativa do K em relação à testemunha, até as profundidades de 15, 25 e 40 cm, respectivamente para a Kalsilita, K_2SO_4 e KCl. Esses resultados mostram que o K, quando aplicado na forma de KCl, sofreu maior lixiviação no perfil. No entanto, para que haja este deslocamento, deverá haver um ânion que o acompanhe, conforme foi demonstrado por Bosc & Blanchet (1975), onde a difusão e a movimentação do íon K^+ no fluxo de massa foram acelerados quando se aumentou a concentração do ânion Cl^- na solução. Os dados obtidos neste experimento estão de acordo com os de EMBRAPA (1979), onde se observou, em condições de laboratório, que o íon cloreto (Cl^-) foi o que promoveu maior lixiviação de Ca^{2+} , seguido do íon sulfato (SO_4^{2-}), que, por ser mais fortemente adsorvido pelo solo, moveu-se mais lentamente no perfil.

Entre as fontes de K utilizadas, a que apresentou menor deslocamento de K no perfil foi a Kalsilita. Esta menor movimentação do K pode ser atribuída ao fato de esse material não conter, na sua estrutura, ânions pouco adsorvíveis ao solo como SO_4^{2-} ou Cl^- , para promover a descida do K no perfil do solo. Além disso, a Kalsilita apresenta baixa

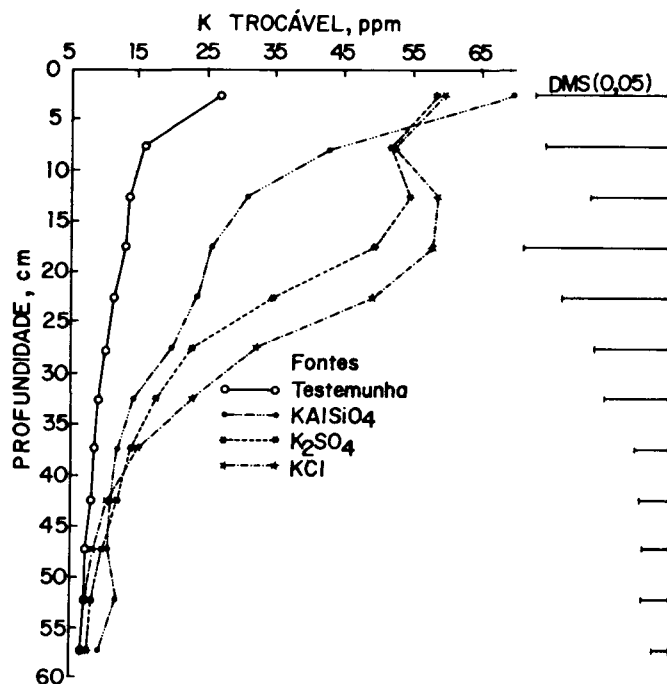


Figura 2. Valores de K trocável no perfil do solo, amostrado 150 dias após a aplicação de 0 e 300 kg/ha de K, na forma de KCl, K_2SO_4 e Kalsilita (KAlSiO₄). Média dos valores com e sem planta.

solubilidade em água, ao redor de 7.0% (Silva & Ritchey, 1982a), e proporciona maior aproveitamento do K pelas plantas por ser pouco lixiviado pela água da chuva (Fujimori, 1979). A frequência das adubações com esta fonte, portanto, pode ser diminuída em solos arenosos.

Considerando que a exploração efetiva das raízes é mais intensa na profundidade do solo de 0 a 30cm (Souza et alii, 1979), o K detectado abaixo dessa camada teria reduzida a possibilidade de ser aproveitado pelas culturas anuais. Neste caso, somente com a aplicação do K na forma de KCl é que teriam ocorrido perdas significativas, em relação à testemunha.

Efeito dos métodos de aplicação

A análise da variância mostrou que houve efeito dos métodos de aplicação do K, na concentração de K trocável, nas diferentes camadas no perfil do solo. Como se pode observar na figura 3, a colocação dos adubos potássicos no sulco de semeadura apresentou um valor inferior de K em relação à aplicação a lanço com incorporação, nas camadas superficiais, situadas entre 0 e 10cm de profundidade. Isso se deve ao fato de que a distribuição do K na superfície e incorporação ao solo, mantém baixa concentração do nutriente por unidade de volume do solo e apresenta menor risco do K a ser lixiviado; já a aplicação no sulco de semeadura (Figura 1), provoca maior concentração do elemento numa pequena porção do solo, ficando, deste modo, em contato com menor número de sítios de troca, e portanto, mais sujeito a descer com a água de infiltração. Desta forma, o nutriente se desloca das camadas superficiais para as inferiores, ficando inacessível para as plantas.

A análise da variância indicou que houve efeito da interação de fontes e métodos de aplicação dos adubos potássicos, no teor de K no perfil, somente na profundidade de 0 a 15cm. Analisando estes efeitos, observa-se (Quadro 1) que não houve diferença quanto ao teor de K no perfil, entre a aplicação da Kalsilita a lanço com incorporação e no sulco de semeadura. Por sua vez, esta não diferiu em relação a KCl e K_2SO_4 , na camada superficial (0 a 10cm), independentemente do método de aplicação. No entanto, o K_2SO_4

apresentou valores mais elevados de K, quando aplicado a lanço com incorporação. O comportamento diferenciado da Kalsilita, em relação às outras fontes pode ser atribuído, segundo Fujimori (1979), à baixa mobilidade dos ânions oriundos da dissolução deste material; por conseguinte, o K^+ fica impossibilitado de descer sozinho na solução do solo. Além disso, esta fonte, por apresentar baixa solubilidade do K em água, reduz a possibilidade de perda de K por lixiviação, podendo proporcionar para as culturas um efeito residual por um período bem mais prolongado.

Influência das plantas

A influência das plantas nos teores de potássio no perfil do solo foi avaliada nas parcelas que receberam 0 e 300kg/ha

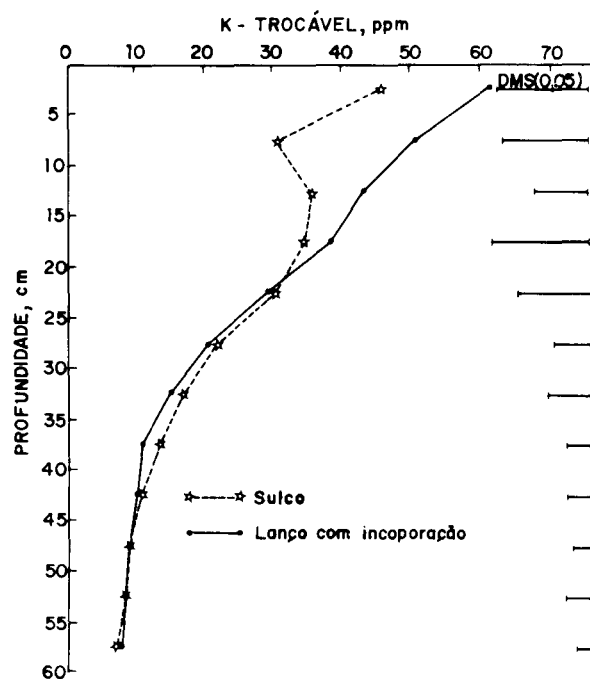


Figura 3. Valores médios de K trocável no perfil do solo, amostrado 150 dias após a aplicação, em função dos métodos de aplicação dos adubos potássicos (KCl, K_2SO_4 e Kalsilita).

Quadro 1. Potássio trocável no perfil do solo, amostrado 150 dias após a aplicação de 0 e 300kg/ha de K, nas formas de KCl, K_2SO_4 e KAlSiO₄ (kalsilita) a lanço com incorporação (La) ou no sulco de semeadura (Su). Média dos teores com e sem planta

Profundidade	Testemunha	KCl		K_2SO_4		KAlSiO ₄	
		La	Su	La	Su	La	Su
cm				cm			
00-05	26,9c	71,7ab	47,8abc	81,9a	35,1bc	65,5abc	73,7ab
05-10	15,7b	68,5a	34,9ab	70,3a	35,2ab	48,6ab	36,8ab
10-15	13,6c	67,6a	49,7ab	64,8a	44,7abc	27,2bc	34,6abc
15-20	12,9b	56,6a	59,7a	62,3a	37,0ab	21,9b	29,4ab
20-25	11,3c	44,8ab	53,6a	37,1abc	32,6abc	23,7bc	23,3bc
25-30	10,1b	30,5ab	33,9a	18,7ab	26,6ab	22,5ab	17,2ab
30-35	9,0b	22,0a	23,4a	13,5ab	21,7a	15,4ab	13,1ab
35-40	8,4a	13,0a	16,3a	9,8a	17,9a	12,7a	11,1a
40-45	8,1a	9,7a	11,5a	9,2a	14,0a	12,6a	8,6a
45-50	7,1a	8,3a	8,9a	8,3a	11,1a	12,7a	8,3a
50-55	7,1a	7,6a	6,5a	6,8a	9,6a	12,6a	10,6a
55-60	6,8a	7,3a	6,1a	6,5a	8,3a	10,0a	8,5a

Em cada linha, médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Duncan, ao nível de 5%.

de K, nas formas de KCl, K_2SO_4 e Kalsilita, aplicados a lanço com incorporação e no sulco de semeadura.

A influência das plantas na diminuição da concentração de K, no tratamento testemunha, foi significativa pelo teste t, ao nível de 5%, somente na camada superficial do solo (0 a 5cm). Nestas condições em que o solo apresentava valores de K (33,5 ppm) abaixo do nível crítico de 58 ppm (Lopes, 1975), o milho reduziu cerca de 40%, a concentração de K no solo, em relação ao tratamento sem plantas (descoberto).

A figura 4 mostra a variação no teor médio de K trocável, nas diferentes camadas do solo, na presença e na ausência de plantas de milho na dose 300kg/ha de potássio.

A diminuição no teor de K no perfil, provocada pelas plantas, foi testada estatisticamente, através da análise da variância para cada profundidade. Este efeito foi significativo na camada de 10 a 15cm, onde houve uma redução de 27,0% no K trocável. Esse efeito das plantas foi de menor magnitude e não significativo, mas pode ser percebido até a profundidade de 30cm. Haynes (1982) observou que, na presença de plantas, houve uma perda de K da ordem de 1,3%, enquanto, na sua ausência, o valor variou de 17 a 31%.

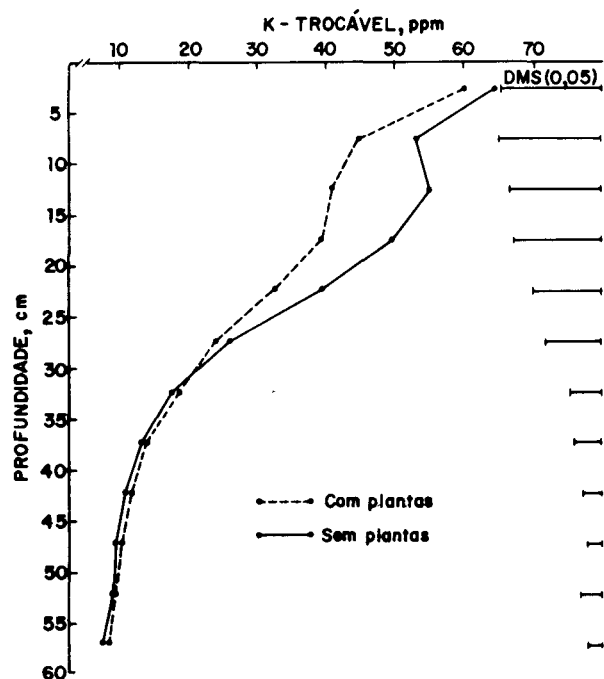


Figura 4. Valores médios de K trocável no perfil do solo, amostrado 150 dias após a aplicação de 300kg/ha de K, na presença e ausência de plantas de milho (média das três fontes de potássio).

Em vista do deslocamento do K nas parcelas sem plantas, ocorreu maior concentração de K na camada de 10 a 15cm, enquanto nas parcelas com plantas este efeito foi parcialmente reduzido. Isso provavelmente se deva ao fato de que nos tratamentos sem plantas, o K das fontes solúveis foi em grande parte lixiviado da camada de 0 a 10cm (Figura 1), para as camadas abaixo de 10cm, sendo que a frente de descida do K na época da amostragem localizou-se entre 10 e 15cm de profundidade. Já nas parcelas com plantas, apesar de também ocorrer lixiviação do K, este efeito foi retardado pela absorção de K pelas mesmas, e não ocorreu uma concentração elevada de K na camada de 10 a

15cm (Figura 4). Tal fenômeno, atribuído por Souza et alii (1979) à ocorrência da lavagem do K das folhas no fim do ciclo da cultura do milho, foi comprovado nos estudos recentemente realizados por Silva & Ritchey (1982b). No entanto, sua ocorrência nas condições deste experimento está em parte rejeitada, pois o milho foi cortado três vezes e seus restos retirados da área experimental, evitando-se, desta forma, que as plantas atingissem o final do ciclo.

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos no presente trabalho permitem concluir que:

As fontes de K promoveram alterações significativas no teor de K trocável no perfil do solo em relação à testemunha, até às profundidades de 15, 25 e 40cm, respectivamente para Kalsilita, K_2SO_4 e KCl;

A aplicação dos adubos potássicos a lanço com incorporação promoveu maior aumento médio de K trocável na camada superficial do solo (0 a 10cm de profundidade), em relação à aplicação no sulco de semeadura;

A influência das plantas de milho na diminuição do K trocável no perfil do solo, foi significativa nas camadas de 0 a 5cm e de 10 a 15cm de profundidade, respectivamente, nas parcelas sem e com aplicações dos adubos potássicos.

LITERATURA CITADA

- BOLT, G.H. Adsorption of anions by soil. In: BOLT, G.H. & BRUGGENWERT, M.G.M. eds. Soil chemistry; basic elements. Amsterdam, Elsevier, 1976. p.91-95.
- BOSC, M & BLANCHET, R. The role of anions and exchange reactions in K^+ ion movements involved in potassium nutrition of plants. *Agrochimica*, Pisa, 19:460-467, 1975.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Divisão de Pesquisa Pedológica. Levantamento de reconhecimento dos solos do Rio Grande do Sul. Recife, 1973. p.100-104 (Boletim Técnico, 30)
- COUTO, W.; LATHWELL, D.J.; BOULDIN, D.R. Sulfate sorption by two Oxisols and an Alfisol of the tropics. *Soil Sci.*, Baltimore, 127:108-116, 1979.
- DIBB, D.W. Potassium placement. In: POTASH & PHOSPHATE INSTITUTE, Atlanta. Potassium for agriculture; a situation analysis. Atlanta, 1980. p.123-131.
- EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados, Planaltina. Relatório Técnico Anual 1977-1978, Brasília, 1979. 192p.
- FUJIMORI, K. Emprego de Kalsilita ($KAlSi_3O_8$) obtido de rocha potássica como fertilizante. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 17., Manaus (AM), 1979. Anais. Manaus, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1979. p.48.
- FUJIMORI, K. Kalsilita ($KAlSi_3O_8$) do complexo alcalino de Poços de Caldas, MG. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 32., Salvador (BA), 1982. Anais. Salvador, Sociedade Brasileira de Geologia, 1982. p.648-651.
- HAYNES, R.J. Leaching losses of nutrients and yield and nutrient uptake by container-grown begonia as affected by lime and fertilizer application to a peat medium. *J. Sci. Food. Agric.*, London, 33:407-413, 1982.
- LOPES, A.S. A survey of the fertility status of soils under "Cerrado" vegetation in Brazil. Tese de Mestrado. Raleigh, USA, North Carolina State University, 1975. 138f.
- MIELNICZUK, J. Formas de potássio em solos do Brasil. *R. bras. Ci. Solo*, Campinas, 1:55-61, 1977.
- OLIVEIRA, L.B. de & OLIVEIRA, H. de F. Relação entre a precipitação pluviométrica e as perdas de minerais solúveis por lixiviação.

- I. Lixiviação de potássio em laboratório. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 15., Campinas, (SP) 1975. Anais. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1976. p.89-94.
- RANEY, W.A. The dominant role of nitrogen in leaching losses from soils in humid regions: *Agron. J.*, Madison, 52:563-566, 1960.
- RITCHEY, K.D. O potássio nos Oxissolos e Ultissolos dos Trópicos Úmidos. Piracicaba, Instituto de Potassa e Fosfato, 1982. 69p. (Instituto da Potassa e Fosfato. Boletim Técnico, 7)
- RITCHEY, K.D.; SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E.; CORREA, O. Calcium leaching to increase rooting depth on a Brazilian Savannah Oxisols. *Agron. J.*, Madison, 72:40-44, 1980.
- SILVA, J.E. & RITCHEY, K.D. Adubação potássica em solos de cerrado. In: SIMPÓSIO SOBRE POTÁSSIO NA AGRICULTURA BRASILEIRA, Londrina, 1982. Anais. Londrina, IAPAR, 1982a. p.323-338.
- SILVA, J.E. & RITCHEY, K.D. Acumulação diferencial de potássio em Oxissolos devido a lavagem do nutriente das plantas de milho para o solo. *R. bras. Ci. Solo*, Campinas, 6:183-188, 1982b.
- SOUZA, D.M.G.; RITCHEY, K.D.; LOBATO, E.; GOEDERT, W.J. Potássio em solo de Cerrado. II. Balanço no solo. *R. bras. Ci. Solo*, Campinas, 3:33-36, 1979.
- TERMAN, G.L. Quantitative relationships among nutrients leached from soils. *Proc. Soil Sci. Soc. Am.*, Madison, 41:935-940, 1977.
- VOLKWESS, S.J. & RAIJ, B. Van. Retenção e disponibilidade de fósforo em solos. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 4., Brasília (DF), 1975. Bases para utilização agropecuária. Belo Horizonte, Itatiaia, p.317-332, 1977.