

## **SUPRIMENTO DE POTÁSSIO EM DIFERENTES LATOSSOLOS DO ESTADO DO PARANÁ**

### **POTASSIUM SUPPLY IN DIFFERENT LATOSOLS (OXISOLS) FROM THE PARANÁ STATE**

<sup>1</sup>VICENTE, V.A.; <sup>2</sup>STEINER, F.

<sup>1 a 2</sup> Departamento de Agronomia – Faculdades Integradas de Ourinhos-FIO/FEMM

#### **RESUMO**

A absorção de potássio (K) pelas plantas, em geral, é maior que a quantidade inicial de K trocável, indicando que formas não-trocáveis contribuem no suprimento deste nutriente às plantas. Este estudo teve como objetivo avaliar a capacidade de suprimento de K de diferentes Latossolos do Estado do Paraná submetidos a cultivos sucessivos. Amostras superficiais (0–20 cm) dos quatro solos coletadas em diferentes regiões do Paraná, foram submetidas à adição ou não de fertilizante potássico (KCl) e a seis cultivos sucessivos (soja, milheto, trigo, feijão, soja e milho). As plantas foram cultivadas até aproximadamente 40 dias após a emergência, sendo determinada a produção de matéria seca e o teor de K. A alta capacidade das plantas em extrair K do solo desencadeia um processo contínuo de exaustão de formas de K trocáveis e não trocáveis do solo, sendo a forma não trocável responsável, ao longo do tempo, pela manutenção dos teores de K trocáveis no solo. Os solos diferenciaram-se na capacidade de suprimento de K aos cultivos, havendo uma contribuição importante de formas não trocáveis durante os seis cultivos que variou de 3,3 a 8,5% com adição de fertilizante potássico e de 51,2% a 72,9% sem adição de fertilizante potássico.

Palavras-chave: cultivos sucessivos, K não-trocável, fertilização potássica.

#### **ABSTRACT**

Potassium uptake by plants is generally higher than the initial amount of exchangeable K, indicating that non-exchangeable participate in supplying this nutrient to plants. This study investigated the ability of K supply of different Latosols (Oxisols) from the Paraná State subjected to successive crops. Surface samples (0–20 cm) of four soils were collected from different Paraná, fertilized or not with potassium fertilizer (KCl) and six successive crops (soybean, millet, wheat, common beans, soybean and corn). Plants were grown for 40 days, and dry matter production and K uptake determined. The high capacity of plants in absorb soil K triggers a continuous exhaust K forms of exchangeable and non-exchangeable, and non-exchangeable K is responsible, over time, for the maintenance of exchangeable K levels in the soil. The soils differed in the ability of K supply to crops, with an important contribution of non-exchangeable forms during the six crops that varied from 3.3 to 8.5% with the addition of potassium fertilizer and 51.2% to 72.9% without adding potassium fertilizer.

Keywords: successive crop, non-exchangeable K, potassium fertilization.

## INTRODUÇÃO

A disponibilidade e a capacidade de suprimento de potássio (K) às plantas dependem das formas de K presentes no solo e da quantidade armazenada em cada uma dessas formas (ROSOLEM et al., 1988). O K do solo inclui, K em solução, K trocável, K não-trocável e K estrutural, e estas formas estão em equilíbrio, seguindo um gradiente em que diminui a sua disponibilidade.

Apesar da recomendação para a adubação potássica ser baseada, principalmente, no teor de K trocável, duas outras formas de K (K liberado a partir de resíduos de culturas e K não trocável) podem migrar para a solução do solo, contribuindo para a nutrição das plantas em alguns solos, a curto prazo (CALONEGO et al., 2005; ROSOLEM et al., 2012) e devem ser consideradas no sistema de produção (GARCIA et al., 2008). Desta maneira, para o adequado manejo da adubação potássica, é importante definir a disponibilidade das diferentes formas de K no solo às plantas e suas influências na dinâmica do K no perfil do solo. Isso porque a aplicação insuficiente de fertilizante pode levar ao esgotamento das reservas do solo (ROSOLEM et al., 1993; KAMINSKI et al., 2007) e a aplicação excessiva pode intensificar as perdas por lixiviação (ROSOLEM et al., 2006; 2010), mesmo em solos com média e alta capacidade de troca catiônica (WERLE et al., 2008).

Em vista da pouca informação sobre as formas e a capacidade de suprimento de potássio em solos do Estado do Paraná, o presente estudo teve como objetivos avaliar a capacidade de suprimento de K de diferentes Latossolos do Estado do Paraná a uma sucessão de cultivos.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em casa de vegetação na Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, em Marechal Cândido Rondon, PR (24°31' S, 54°01' W e altitude média de 420 m). Foram utilizadas amostras de quatro Latossolos coletadas da camada de 0–20 cm de profundidade, em áreas com vegetação nativa que nunca haviam recebido fertilizantes e corretivos, em diferentes regiões do Estado do Paraná (Tabela 1).

**Tabela 1.** Classificação, material de origem e local de coleta das amostras de solos utilizados no estudo

Amostra	Classe <sup>(1)</sup>	Descrição <sup>(1)</sup>	Local/Município	Grupo geológico <sup>(2)</sup>	Formação geológica <sup>(2)</sup>	Litologia <sup>(2)</sup>
1	LV1	Latossolo Vermelho	Mal. Cdo. Rondon	São Bento	Serra Geral	Basalto
2	LV2	Latossolo Vermelho	Ponta Grossa	Paraná	Ponta Grossa	Folhelho
3	LVA1	Latossolo Vermelho- Amarelo	Umuarama	Bauru	Caiuá	Arenito
4	LVA2	Latossolo Vermelho- Amarelo	Ponta Grossa	Paraná	Furnas	Arenito

<sup>(1)</sup> Classificação Brasileira segundo EMBRAPA (2006). <sup>(2)</sup> MINEROPAR (2009).

**Tabela 2 -** Características químicas das amostras de solos coletadas no Estado do Paraná na camada de 0-20 cm de profundidade

Solo	pH	MO g dm <sup>-3</sup>	P mg dm <sup>-3</sup>	Cátion trocável			CTC	V %	K na CTC	PTK <sup>(1)</sup>	Argila
				K	Ca	Mg					
				mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>							
LV1	4,6	22,7	9,1	3,8	31	18	149	35	2,6	7,8	900
LV2	3,8	21,3	2,2	1,8	26	6	141	25	1,3	3,5	785
LVA1	4,9	20,3	15,4	1,6	39	22	129	64	1,2	4,1	250
LVA2	4,2	29,4	13,1	1,6	30	10	131	31	1,2	4,7	315

<sup>(1)</sup> PTK: poder tampão de potássio, em (mmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>)/(mmol L<sup>-1</sup>)<sup>1/2</sup> – determinado segundo metodologia descrita por Mielniczuk (1978), utilizando, como solução de referência, CaCl<sub>2</sub> 1 mmol L<sup>-1</sup>.

A correção da acidez dos solos foi realizada com calcário dolomítico, em quantidade equivalente para elevar a saturação por bases a 70% para solos argilosos (LV1 e LV2) e 60% para os solos de textura média (LVA1 e LVA2). Em seguida, os solos foram umedecidos até alcançar 70% da capacidade de retenção de água e incubados por 25 dias. Posteriormente, os solos foram transferidos para vasos de polietileno com capacidade para 8,0 dm<sup>3</sup>.

O experimento em casa-de-vegetação constou de seis cultivos sucessivos com plantas: (1) soja, (2) milho, (3) trigo, (4) feijão, (5) soja e (6) milho. Os tratamentos foram constituídos pelos quatro solos e da adição (+K) ou não (-K) de fertilizante potássico, dispostos no delineamento de blocos ao acaso em esquema fatorial, com quatro repetições. A fertilização potássica, na forma de cloreto de potássio, foi realizada em quantidade equivalente para elevar a saturação de K na CTC<sub>pH 7,0</sub> a 6%.

Antes de cada cultivo, os solos foram fertilizados com 80 mg kg<sup>-1</sup> de N, 120 mg kg<sup>-1</sup> de P, 5 mg kg<sup>-1</sup> de S, 5 mg kg<sup>-1</sup> de Cu, 5 mg kg<sup>-1</sup> de Zn, 1 mg kg<sup>-1</sup> de Mo e 2 mg kg<sup>-1</sup> de B. Aos 20 e 30 dias após a emergência das plantas foram aplicados 40 mg kg<sup>-1</sup> de N (ureia). O teor de água do solo foi monitorado diariamente e

mantido próximo a 80% da capacidade de retenção. Para evitar eventuais perdas de água por percolação durante o processo de irrigação, foram usados vasos com base sem drenos.

A colheita das plantas, em cada cultivo, foi realizada aproximadamente aos 40 dias após a emergência. Após o segundo, quarto e sexto cultivo, foram coletadas amostras de solo para a determinação dos teores de K total, K não-trocável, K trocável e K na solução.

Os dados foram submetidos à análise de variância ( $p < 0,05$ ), sendo os efeitos de tipo de solos e cultivos sucessivos desdobrados, para a presença ou ausência de fertilização potássica, por meio da comparação de médias pelo teste Tukey ( $p < 0,05$ ).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As formas químicas de potássio e a contribuição percentual de cada forma para o K total variaram de acordo com o solo e o material de origem (Tabela 3). A capacidade de suprimento de K às plantas a curto e médio prazo teve grande variação entre os solos.

**Tabela 3** - Formas químicas de potássio e contribuição das diferentes formas para com o K total em diferentes Latossolos do Estado do Paraná

Solo	K total	K não-trocável	K trocável	K solução
	----- mg kg <sup>-1</sup> -----			
LV1	1.153	231 (20,0) <sup>(1)</sup>	151 (13,1)	85 (7,4)
LV2	8.562	450 (5,3)	70 (0,8)	44 (0,5)
LVA1	1.003	192 (19,1)	74 (7,4)	39 (3,9)
LVA2	1.649	207 (12,6)	87 (5,3)	73 (4,4)

<sup>(1)</sup> Número entre parênteses representa a contribuição percentual da cada fração de K para com o K total.

A produção de matéria seca e as quantidades de K acumuladas na matéria seca das plantas com (+K) e sem (-K) fertilização potássica, nos seis cultivos realizados em casa de vegetação são apresentados na Tabela 4. Independentemente da adição de fertilizante potássico, a produção de matéria seca foi diferente entre os solos, em todos os cultivos, demonstrando que os solos possuem capacidade de produção distinta.

As diferenças na produção de matéria seca entre as espécies (cultivos) são explicadas por suas diferentes habilidades em absorver K, quer pela área do

sistema radicular ou pela taxa de absorção por unidade de superfície radicular. Essa habilidade é inerente à espécie e dependente da sua capacidade de resposta ao estresse nutricional, desencadeando mecanismos para contornar o problema de baixa disponibilidade de potássio.

**Tabela 4** - Produção de matéria seca e conteúdo de potássio acumulado na parte aérea das plantas nos seis cultivos realizados nos solos coletados no Estado do Paraná com (+K) e sem (-K) fertilização potássica

Ensaio	Solo	Cultivo <sup>(1)</sup>						Total	CV
		1	2	3	4	5	6		
-----Matéria seca da parte aérea (g/vaso) -----									
									%
+K	LV1	18,4 aC	37,2 bB	17,9 aC	19,0 aC	18,1 aC	48,5 aA	159,1	8,5
	LV2	13,4 bC	36,7 bB	10,0 bD	16,1 bB	15,2 bB	45,1 bA	136,5	
	LVA1	17,4 aD	43,8 aB	13,4 bD	21,1 aC	15,9 bD	55,8 aA	167,4	
	LVA2	13,8 bD	41,4 aB	11,5 bD	22,5 aC	15,7 bD	50,5 aA	155,4	
	Média	15,3	40,8	14,9	18,8	16,9	47,7		
-K	LV1	18,1 aB	31,4 aA	7,6 aC	5,2 aD	2,3 aE	3,6 cE	68,2 (43) <sup>(2)</sup>	8,9
	LV2	12,9 bA	16,0 bA	6,9 aB	2,7 bC	1,9 aC	5,9 bB	46,3 (34)	
	LVA1	14,7 bA	19,0 bA	3,2 bC	3,5 bC	1,3 bC	8,2 aB	49,9 (30)	
	LVA2	13,0 bB	18,1 bA	4,7 bC	5,8 aC	2,0 aD	3,9 cC	47,5 (31)	
	Média	14,3	22,2	6,2	4,5	1,9	5,5		
----- K acumulado (mg/vaso) -----									
									%
+K	LV1	389 aD	1.147 bB	568 aC	622 bC	390 aD	1.765 bA	4.881	9,3
	LV2	333 bD	1.278 bB	335 bD	593 bC	337 aD	1.661 bA	4.537	
	LVA1	380 aD	1.357 bB	401 bD	567 bC	350 aD	2.012 aA	5.067	
	LVA2	307 bD	1.515 aB	398 bD	936 aC	350 aD	2.156 aA	5.662	
	Média	343	1.319	476	704	368	1.777		
-K	LV1	365 aB	1064 aA	142 aC	99 aC	16 aC	50 bC	1.736	9,4
	LV2	254 bA	524 bA	123 aB	53 bB	12 bB	50 bB	1.016	
	LVA1	299 bA	615 bA	58 bB	72 bB	8 bB	78 aB	1.130	
	LVA2	292 bB	654 bA	94 aC	109 aC	16 aC	35 bC	1.200	
	Média	286	738	125	85	14	70		

<sup>(1)</sup> 1: soja, 2: milho, 3: trigo, 4: feijão, 5: soja e 6: milho. Média seguida da mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

A absorção de potássio pelas plantas nos seis cultivos variou em função da cultura e da adição de fertilizante potássico (Tabela 4). Com a fertilização potássica (+K), os cultivos onde ocorreram as maiores quantidades de potássio absorvido foram aqueles com milho (cultivo 2) e milho (cultivo 6), sendo esse resultado devido à combinação das maiores produções de matéria seca e teores de K no tecido vegetal. A habilidade do feijão em absorver potássio também foi alta, pois os teores de K (dados não apresentados) na matéria seca foram os mais altos, comparativamente com as outras espécies.

Sem a fertilização potássica (-K) a maior absorção de K pelas plantas, ocorreu no primeiro e, principalmente, no segundo cultivo com milho (Tabela 4). Fato este devido à depleção das formas mais prontamente disponíveis que ocorreram ao final do segundo cultivo (dados não apresentados). É possível identificar dois fatores primordiais para justificar essa maior absorção de K no segundo cultivo: em primeiro lugar, resultados experimentais e práticos caracterizam o milho como uma verdadeira “bomba” recicladora de nutrientes, por apresentar elevada capacidade de extrair nutrientes do solo, quando comparado a várias outras culturas agrícolas. Em segundo lugar, a maior produção de matéria seca desta cultura que também foi influenciada pelo número de plantas cultivadas por vaso (Tabela 4).

Na Tabela 5 são apresentados os teores de K trocável antes e após os seis cultivos, a quantidade de K liberada durante os cultivos (K trocável + K adicionado pelo fertilizante), o K total absorvido pelas plantas e a contribuição da forma não-trocável na nutrição das plantas.

**Tabela 5.** Teores de K trocável nos solos coletados no Estado do Paraná antes e após os cultivos, quantidade total de potássio liberada e absorvida durante o experimento e contribuição da forma não-trocável com (+K) e sem (-K) fertilização potássica

Ensaio	Solo	K trocável			K total absorvido	Contribuição da forma não-trocável	
		Inicial	Final	Liberado		Contribuição da forma não-trocável	
		----- mg kg <sup>-1</sup> -----			----- mg por vaso -----		%
+K	LV1	111	165	4464 <sup>(1)</sup>	4.881	417 <sup>(2)</sup>	8,5
	LV2	70	162	4303	4.537	234	5,2
	LVA1	74	131	4855	5.067	212	4,2
	LVA2	87	120	5474	5.662	188	3,3
-K	LV1	111	33	614	1.736	1.122	64,6
	LV2	70	31	275	1.016	741	72,9
	LVA1	74	26	436	1.130	694	61,4
	LVA2	87	27	585	1.200	615	51,2

<sup>(1)</sup> Valores calculados pela subtração entre o valor inicial e final da forma trocável + o total adicionado pelo fertilizante potássico, multiplicado pelo volume de solo (7,5 dm<sup>-3</sup>) e a densidade do respectivo solo. <sup>(2)</sup> Valores calculados pela subtração entre o valor de K total absorvido e o liberado.

A capacidade de liberação de K da forma trocável foi bastante variável entre os solos durante os seis cultivos. As quantidades liberadas, no ensaio com adição de fertilizante potássico, variaram de 4.303 a 5.474 mg por vaso. Ao passo que, no ensaio sem fertilização potássica, as quantidades liberadas da forma trocável variaram de 275 a 614 mg por vaso. Esses elevados valores de K trocável liberado, no ensaio com a fertilização potássica (+K), deve-se ao fato do potássio adicionado pelo fertilizante ser considerado trocável.

A quantidade de potássio da forma trocável liberada durante os cultivos, não foi suficiente para atender à demanda por K das plantas (Tabela 5). De modo que a quantidade absorvida pelas culturas foi maior do que a liberada da forma trocável, ocorrendo desta forma a contribuição na forma não-trocável na nutrição das plantas.

Diversos trabalhos têm demonstrado expressiva contribuição de formas não-trocáveis de K na nutrição das plantas (ROSOLEM et al., 1993; CALONEGO et al., 2005; ROSOLEM et al., 2012). Essa fração pode ser absorvida pelos vegetais, fazendo com que, em determinados solos a omissão da adubação potássica não resulte em redução na produção (ROSOLEM et al., 1993).

O K não-trocável contribuiu, de forma bastante significativa, para o K absorvido, variando entre 188 a 417 mg por vaso no ensaio com fertilização potássica e de 615 a 1.122 mg kg<sup>-1</sup> no ensaio sem adição deste nutriente.

Com a fertilização potássica a contribuição da forma não-trocável representou de 3,3 a 8,5%. Evidenciando desta forma que mesmo com adições periódicas de fertilizante potássico a forma não trocável também contribui no fornecimento de potássio.

Sem a adição de fertilizante potássico a contribuição da forma não trocável, para o K absorvido, representou de 51,2% a 72,9% (Tabela 4). Resultados semelhantes foram evidenciados por Rosolem et al. (2012) em solos de São Paulo. Em experimento sem adição de fertilizante potássico, os autores verificaram que a contribuição do K não-trocável variou de 61 a 78% do total de potássio absorvido, após quatro cortes de braquiária.

Rosolem et al. (1993) estudando a intensidade de liberação do K não-trocável em cinco tipos de solos na presença e ausência de adubação potássica, constataram que a forma não-trocável, independente do solo, foi a principal fonte de K para a soja.

Os resultados obtidos no presente estudo indicam que o K trocável não foi à única forma do elemento no solo que supriu o nutriente às plantas, ocorrendo contribuição de formas de K não-trocáveis. Isto pode explicar a falta de resposta das culturas à adição de fertilizantes potássicos, observada em experimentos de campo, mesmo em solos com teor de K trocável considerado médio ou baixo (ROSOLEM et al., 1993).

Segundo Gommers et al. (2005) como os mecanismos que controlam a absorção de K nas plantas superiores são eficientes, principalmente em baixas concentrações na solução do solo, resulta em forte gradiente químico em direção a rizosfera, criando um ambiente favorável à liberação do K de formas não-trocáveis. No entanto, cabe ressaltar que essa situação pode comprometer a preservação dessas formas no solo a médio prazo, além de provocar, inclusive, alterações em fases de minerais que contêm K. Assim, o correto planejamento e manejo da adubação potássica, torna-se de extrema importância, na preservação da fração não-trocável e na manutenção de níveis adequados de disponibilidade de potássio para o estabelecimento das culturas.

## CONCLUSÕES

A alta capacidade das plantas em extrair K do solo desencadeia um processo contínuo de exaustão de formas de K trocáveis e não trocáveis do solo, sendo a forma não trocável responsável, ao longo do tempo, pela manutenção dos teores de K trocáveis no solo.

A forma não-trocável foi a principal fonte de K para as plantas nos cultivos sucessivos, confirmando a importância desta forma de K na nutrição das plantas a curto e médio prazo.

## REFERÊNCIAS

CALONEGO, J.; FOLONI, J. S. S.; ROSOLEM, C. A. Potassium leaching from plant cover straw at different senescence stages after chemical desiccation. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 1, p. 99-108, 2005.

GARCIA, R. A.; CRUSCIOL, C. A. C.; CALONEGO, J. C.; ROSOLEM, C. A. Potassium cycling in a corn-brachiaria cropping system. **European Journal of Agronomy**, Amsterdam, v. 28, n. 4, p. 579-585, 2008.

GOMMERS, A.; THIRY, Y.; DELVAUX, B. Rhizospheric mobilization and plant uptake of radiocesium from weathered soils: I. Influence of potassium depletion. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 34, n. 6, p. 2167-2173, 2005.

KAMINSKI, J.; BRUNETTO, G.; MOTERLE, D. F.; RHEINHEIMER, D. S. Depleção de formas de potássio do solo afetada por cultivos sucessivos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 5, p. 1003-1010, 2007.



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: IAC, 1997. 285p. (Boletim Técnico, 100).

ROSOLEM, C. A.; BESSA, A. M.; PEREIRA, H. F. M. Dinâmica do potássio no solo e nutrição potássica da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 9, p. 1045-1054, 1993.

ROSOLEM, C. A.; MACHADO, J. R.; RIBEIRO, D. B. O. Formas de potássio no solo e nutrição potássica da soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 12, n. 2, p.121-125, 1988.

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. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 6, p. 1033-1040, 2006.

ROSOLEM, C. A.; SGARIBOLDI, T.; GARCIA, R. A.; CALONEGO, J. C. Potassium leaching as affected by soil texture and residual fertilization in tropical soils. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 41, n. 16, p. 1934-1943, 2010.

ROSOLEM, C. A.; MONTANS, J. P. T. M.; STEINER, F. Suprimento de potássio em função da adubação potássica residual em um Latossolo Vermelho do cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 36, n. 6, p. 1507-1515, 2012.

WERLE, R.; GARCIA, R. A.; ROSOLEM, C. A. Lixiviação de potássio em função da textura e da disponibilidade do nutriente no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 6, p. 2297-2305, 2008.