

# DOSES E MÉTODOS DE APLICAÇÃO DE POTÁSSIO NA SOJA EM SOLO DOS CERRADOS DA BAHIA<sup>1</sup>

FRANCISCO ASSIS DE OLIVEIRA<sup>2</sup>, JOSÉ JOAQUIM SANTANA E SILVA<sup>3</sup>,  
LOURIVAL VILELA e DJALMA MARTINHÃO GOMES DE SOUSA<sup>4</sup>

**RESUMO** - Durante três anos foi conduzido um experimento num Latossolo Vermelho-Amarelo fase arenosa, onde se estudou o efeito das doses totais de K de 0, 90, 120, 180, 270 e 280 kg/ha de K<sub>2</sub>O, em várias formas de aplicação, sobre o rendimento de grãos da soja (*Glycine max* (L.) Merrill). Usou-se o delineamento experimental de blocos ao acaso com treze tratamentos e quatro repetições. Houve aumento de produção no primeiro ano com a aplicação de 60 kg/ha de K<sub>2</sub>O, a lanço ou em sulco, metade no plantio e metade em cobertura. Nos três anos de cultivo, o efeito residual do K não foi eficiente nas doses menores a 180 kg/ha de K<sub>2</sub>O; porém, 180 kg/ha de K<sub>2</sub>O proporcionaram, a partir do segundo ano, os melhores retornos líquidos do capital investido com o adubo. Os maiores rendimentos da soja estiveram associados a teores de K nas folhas, iguais ou superiores a 1,31%. Dose de 120 kg/ha de K<sub>2</sub>O, ou maior, contribuiu para aumentar a lixiviação de K para as camadas abaixo dos 30 cm do solo, já no primeiro ano de cultivo.

Termos para indexação: *Glycine max*, adubação potássica, formas de aplicação, níveis no solo, lixiviação.

## DOSES AND METHODS OF POTASSIUM APPLICATION ON SOYBEAN IN A CERRADOS SOIL OF BAHIA, BRAZIL

**ABSTRACT** - For three years, an experiment was carried out in an oxisoil (Red-Yellow Latosol, sandy loam soil) in the State of Bahia, Brazil, to study the effects of different levels of potassium fertilizer (0, 90, 120, 180, 270, and 280 kg/ha of K<sub>2</sub>O on two different application methods), and their effect on soybean yield. The experimental design utilized was a randomized block with thirteen treatments and four repetitions. There was an increase on soybean yield in the first year due to the application of 60 kg/ha of K<sub>2</sub>O from both the broadcast and band placement treatments. However in the second and third years, the rate of 180 kg/ha of K<sub>2</sub>O promoted the maximum return from K fertilizer. Rates smaller than 180 kg/ha of K<sub>2</sub>O did not show any residual effect on soybean yield. The maximum yields were associated to the K levels in the leaves equal or above 1.31%. Rate of 120 kg/ha of K<sub>2</sub>O or more increased the K loss by leaching to a layer down to 30 cm by the first year.

Index terms: *Glycine max*, potassium fertilizing, application methods, levels in the soil, leaching.

## INTRODUÇÃO

Os solos dos cerrados brasileiro, em geral os mais arenosos, se apresentam, de certa forma, com limitações no nível de K trocável para o desenvolvimento normal das culturas, principalmente das mais exigentes nesse nutriente. Para Mascarenhas et al. (1982), níveis baixos (< 30 ppm de K) são normalmente registrados em latossolo vermelho-amarelo fase arenosa. Lopes & Cox (1977), com base nos resultados

<sup>1</sup> Aceito para publicação em 18 de fevereiro de 1992.

<sup>2</sup> Eng. - Agr., M.Sc., EMBRAPA/Centro Nacional de Pesquisa do Algodão (CNPQ), Caixa Postal 174, CEP 58107-702 Campina Grande, PB.

<sup>3</sup> Eng. - Agr., M.Sc., EPABA/UEP São Francisco, Caixa Postal 24, CEP 47800 Barrceiras, BA.

<sup>4</sup> Eng. - Agr., M.Sc., EMBRAPA/Centro Nacional de Pesquisa dos Cerrados (CPAC), Caixa Postal 700023, CEP 73300 Planaltina, DF.

de análises químicas feitas em 518 amostras de materiais de solos dos cerrados de Minas Gerais e Goiás, constataram uma variação, no nível do K trocável, de 8 a 239 ppm, com média de 31 ppm. Para os autores, níveis inferiores a 58 ppm de K são considerados baixos na região, conseqüentemente 85% das amostras analisadas foram incluídas nessa categoria. Para Lopes (1983), aparece com maior freqüência a faixa de 20 a 29 ppm de K, o que é considerado por Catani et al. (1955) como nível baixo de K no solo.

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é considerada por Sfredo et al. (1986) como uma cultura anual, muito exigente em todos os macronutrientes essenciais. Para o desenvolvimento normal de uma lavoura de soja a cada 1.000 kg de grãos produzidos, as plantas extraem do solo 37,5 kg de  $K_2O$  (Cordeiro et al. 1979), dos quais mais de 50% são exportados através das sementes (Yamada & Haag 1981), sendo, portanto, uma cultura esgotante do K no solo.

Yamada & Haag (1981) sugerem não haver constância na resposta da soja à adubação potássica, em cultivo de primeiro ano, notadamente quando o teor de K disponível no solo é igual ou superior a 48 ppm (Raij & Mascarenhas 1976). Com variedades de ciclo longo (mais de 140 dias), Mascarenhas et al. (1981) reportam não haver resposta sobre o rendimento da soja em solos com 31 ppm de K. Isto se deve, segundo os autores, ao fato de a soja possuir alta capacidade de extração, podendo retirar do solo, além do K solúvel, reserva não prontamente disponível.

Em solo de cerrado com 48 ppm de K, Yamada & Haag (1981) não constataram resposta da soja, em cultivo de primeiro ano, à aplicação das doses, a lanço e em sulco, 0, 50, 100 e 200 kg/ha de  $K_2O$ . Idêntico resultado foi obtido por Rosolem et al. (1984), em solo com 62 ppm de K, com aplicação anual de 0, 40, 80, 160 e 240 kg/ha de  $K_2O$ ; porém, no segundo ano, com aplicação a lanço, a soja respondeu à aplicação de até 80 kg/ha de  $K_2O$ , e em sulco, à aplicação de até 40 kg/ha de  $K_2O$ . No terceiro ano, houve resposta até a aplicação anual de 80 kg/ha de  $K_2O$ , independentemente do modo de aplicação do adubo. Mikkelsen et al. (1963), em solo com

16 ppm de K, não registram resposta da soja à aplicação de K no primeiro ano. Porém, no segundo cultivo, a dose de 180 kg/ha de  $K_2O$  promoveu incremento, na produção da cultura, da ordem de 82% em relação ao tratamento sem K. Para Souza et al. (1979b), com doses de 11, 22, 33, 44 e 55 kg/ha de  $K_2O$  a aplicação em sulco mostrou melhor resposta do que a lanço sobre o rendimento da soja.

Estudou-se, por três anos consecutivos, o efeito de doses e formas de aplicação do cloreto de potássio sobre o rendimento da soja e a lixiviação de K no solo.

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido em três anos agrícolas, 1984/85, 1985/86 e 1986/87, em um latossolo vermelho-amarelo fase arenosa, na Estação Experimental do Cerrado, no município de Barreiras, BA. Utilizou-se uma área recém-desmatada, da qual algumas características naturais das condições físicas e químicas do solo encontram-se na Tabela 1. A área recebeu uma adubação corretiva, a lanço, constituída por 3,0 t/ha de calcário dolomítico, com base no PRNT de 100%, 200 kg/ha de  $P_2O_5$  e uma manutenção, em sulco, composta de 60 kg/ha de  $P_2O_5$  (superfosfato simples) anual, 40 kg/ha de FTE BR 12. Esta adubação foi incorporada com "Rotavator". Foi feita a inoculação das sementes da soja na proporção de 200 gramas do inoculante por 50 kg de sementes.

Foram testadas as doses totais de 0, 90, 120, 180, 270 e 280 kg/ha de  $K_2O$ , em várias formas de aplicação, durante os três anos de condução do ensaio. Os tratamentos estão definidos na Tabela 2. As doses de  $K_2O$  aplicadas a lanço apenas no primeiro cultivo foram usadas para estudo do efeito residual da adubação potássica. A unidade experimental constou de dez linhas de soja, com espaços, entre si, de 0,50 m e com 7 m de comprimento, reservando para a área útil os 15 m<sup>2</sup> da parte central da parcela. Adotou-se o delineamento experimental de blocos ao acaso, com treze tratamentos e quatro repetições. O ensaio foi instalado em cada ano, no mesmo local, conservando-se sempre o local da mesma parcela.

Após as colheitas dos dois primeiros anos, foram coletadas amostras do material do solo, em intervalos de 15 cm até a profundidade de 105 cm, em locais ou pontos previamente selecionados ao acaso dos tratamentos 01, 02, 04 e 05 (Tabela 2). No início da flo-

TABELA 1. Características física e química do solo onde foi conduzida a pesquisa.

Análise	Profundidade (cm)			
	0 - 15	15 - 30	30 - 45	45 - 60
<b>- Física</b>				
Areia (%)	87	86	86	85
Silte (%)	1	1	1	1
Argila (%)	12	13	13	14
Densidade - global (g/cm <sup>3</sup> )	1,48	1,45	1,43	1,43
- real (g/cm <sup>3</sup> )	2,62	2,60	2,55	2,57
<b>- Química</b>				
pH em água (1:2,5)	4,53	4,59	4,66	4,69
A (meq/100g)	0,65	0,64	0,63	0,59
H (meq/100g)	1,78	1,75	1,70	1,20
Ca (µg/ml)	32,20	23,00	18,86	10,40
Mg (µg/ml)	12,8	9,40	7,73	4,40
P (µg/ml)	3,90	2,90	2,33	1,20
K (µg/ml)	11,00	11,00	5,00	4,00
M. Orgânica (%)	0,75	0,64	0,36	0,21

TABELA 2. Identificação dos tratamentos.

Tratamento	Aplicação de K <sub>2</sub> O - kg/ha/ano			Total (kg/ha)
	1º ano	2º ano	3º ano	
01 (testemunha)	000	000	000	000
02	60L	000	60L	120
03	90L	000	000	90
04	120L	000	000	120
05	180	000	000	180
06	30S	30S	30S	90
07	60S	60S	60S	180
08	90S	90S	90S	270
09	60L	60L	60L	180
10	90L	90L	90L	270
11	30S+30C	30S+30C	30S+30C	180
12	45S+45C	45S+45C	45S+45C	270
13	100L+60S	60S	60S	280

L: aplicação a lanço

S: aplicação em sulco

C: aplicação em cobertura

ração, foram colhidas as terceiras folhas, a partir do ápice, em um total de 30 folhas por parcela, para a diagnose foliar. As amostras foram secadas em estufa a 65°C, por 72 horas, e a digestão, por via úmida, com ácido sulfúrico e água oxigenada. Determinaram-se as concentrações de K e P por fotômetro de chama, e as de Ca e Mg, por espectrometria de absorção atômica.

Para testar o efeito dos tratamentos, utilizaram-se as cultivares de soja IAC-8, no primeiro e terceiro ano, e a J-200, no segundo ano. As semeaduras foram realizadas em 26.11.84, 06.12.85 e 07.11.86, e as colheitas foram processadas em 13.03.85, 03.04.86 e 09.04.87, respectivamente. Utilizou-se irrigação suplementar por aspersão para compensar a deficiência de umidade no solo causada por veranicos superiores a seis dias.

A análise econômica, segundo Perrin et al. (1976), baseou-se no método benefício-custo, sendo atribuídos os preços ao insumo Cr\$ 4.500,00 por tonelada de cloreto de potássio (Cr\$ 7,50/kg de K<sub>2</sub>O), e ao produto Cr\$ 2.500,00/t de grãos de soja. O procedimento utilizado foi o seguinte:

1. Os aumentos de produção ( $\Delta y$ ) foram calculados pela diferença entre os rendimentos obtidos com cada dose de K<sub>2</sub>O ( $y_i$ ), em relação à dosagem zero ( $Y_0$ ).

2. Multiplicaram-se os aumentos de produção ( $\Delta y$ ) pelo preço unitário do produto, obtendo-se, desta maneira, os acréscimos de receita bruta.

3. Do acréscimo da receita bruta foram subtraídos os custos com o nutriente e com a mão-de-obra, obtendo-se, assim, o acréscimo da receita líquida.

4. Dividiu-se o acréscimo da receita líquida pelo custo total do nutriente em cada nível utilizado, obtendo-se as taxas marginais de retorno durante os três anos de condução do ensaio.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância dos resultados obtidos mostrou, através do teste F, que houve efeito altamente significativo ( $P < 0,01$ ) dos tratamentos e dos anos, bem como da interação tratamentos versus anos, sobre o rendimento da soja.

Na Tabela 3, compararam-se as médias de rendimento de grãos entre os tratamentos dentro de ano e de anos dentro de tratamento (Tukey a 5%). No primeiro ano agrícola, 1984/85, não houve resposta da adubação potássica na

**TABELA 3.** Análise conjunta dos resultados médios de grãos de soja obtidos em função de níveis e formas de aplicação de K<sub>2</sub>O nos anos agrícolas 1984/85, 1985/86 e 1986/87. Estação Experimental do Cerrado, Barreiras, BA.

Tratamento	K <sub>2</sub> O (kg/ha)	Rendimento - kg/ha		
		1984/85	1985/86	1986/87
01 (testemunha)	000	2.252 cA	1.267 bB	1.134 bB
02	120	3.185 aA	1.554 abC	2.239 aB
03	90	2.979 abA	1.602 abB	1.041 bB
04	120	3.135 abA	1.737 abB	1.392 bB
05	180	3.115 abA	2.019 aB	2.165 aB
06	90	2.597 bcA	1.581 abB	2.322 aA
07	180	2.618 bcA	1.697 abAB	2.226 aAB
08	270	2.798 abcA	1.934 aB	2.348 aAB
09	180	2.881 abA	1.654 abB	2.117 aB
10	270	3.035 abA	2.058 aB	2.371 aB
11	180	2.979 abA	1.890 aB	2.228 aB
12	270	3.185 aA	2.058 aB	2.475 aB
13	280	2.988 abA	1.990 aB	2.563 aAB

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Letras minúsculas para comparação na vertical e maiúsculas para comparação na horizontal.

dose de 60 kg/ha de  $K_2O$ , ou maior, aplicada a lanço ou parcelada (30 kg/ha no sulco de semeadura, e 30 kg/ha em cobertura). A soja apresentou desenvolvimento vegetativo bom e uniforme em todo o ensaio. Porém, a partir do início da floração, nas parcelas-testemunhas (sem adubação potássica) e que receberam 30 e 60 kg/ha de  $K_2O$  nos sulcos de semeadura, surgiram os primeiros sintomas visuais característicos de deficiência de K nas folhas. Estes sintomas evoluíram da floração até a formação das vagens. A deficiência de K manifestada nas folhas das plantas dos tratamentos 01, 06 e 07, parece ter contribuído para reduzir o rendimento de grãos da soja (Tabela 3).

No segundo ano, 1985/86, não houve efeito do K aplicado no primeiro ano, nem da aplicação anual sobre o rendimento da cultura (Tabela 3). Porém, a testemunha (01) apresentou o menor rendimento de grãos, mas não se diferenciou significativamente dos tratamentos que receberam 60, 90 e 120 kg/ha de  $K_2O$ , apenas no primeiro ano (tratamentos 02, 03 e 04), e da aplicação de 30 e 60 kg/ha de  $K_2O$  anual (tratamentos 06, 07 e 09). Ainda assim, foram constatados sintomas visuais de deficiência de K, a partir do início da floração nas plantas dos tratamentos (01, 02, 03 e 06), onde, inclusive, foram registrados os menores rendimentos (Tabela 3). Houve tendência de os melhores resultados estarem associados à aplicação anual de 60 kg/ha de  $K_2O$ , parcelada, e 90 kg/ha, independentemente da forma de aplicação ou 180 kg/ha, a lanço, no primeiro ano, para estudo do efeito residual.

No terceiro ano, 1986/87, o K usado para estudo do efeito residual mostrou que 180 kg/ha de  $K_2O$ , aplicado a lanço antes do primeiro cultivo, tratamento 05, apresentou rendimento superior àqueles com as doses 90 e 120 kg/ha de  $K_2O$ , tratamentos 03 e 04, mas não se diferenciou significativamente dos tratamentos que receberam aplicação anual de  $K_2O$  (Tabela 3). Em termos de efeito cumulativo, a dose anual de 30 kg/ha de  $K_2O$ , no sulco, no terceiro cultivo, foi mais eficiente do que o efeito residual de 90 kg/ha, aplicado a lanço no primeiro cultivo

(Tabela 3). Quando se comparou o efeito de anos dentro de tratamento, a melhor resposta foi para a aplicação anual de 60 kg/ha de  $K_2O$ , no sulco de semeadura.

Na Tabela 4 estão os resultados da análise de benefício-custo no primeiro ano; a aplicação de 60 kg/ha de  $K_2O$  a lanço promoveu o maior acréscimo de retorno líquido, e a maior taxa marginal de retorno. A dose de 180 kg/ha de  $K_2O$ , aplicada a lanço, no primeiro ano, promoveu o maior acréscimo de retorno líquido no segundo e terceiro ano. Porém, no segundo ano, a maior taxa marginal de retorno (Tabela 4) foi para a aplicação, a lanço, de 90 kg/ha de  $K_2O$ , no primeiro ano, enquanto que no terceiro ano foi para o tratamento que recebeu 30 kg/ha no sulco anual. Os tratamentos que apresentaram as maiores taxas marginais de retorno são os que impõem ao produtor os menores riscos com o capital investido com o adubo.

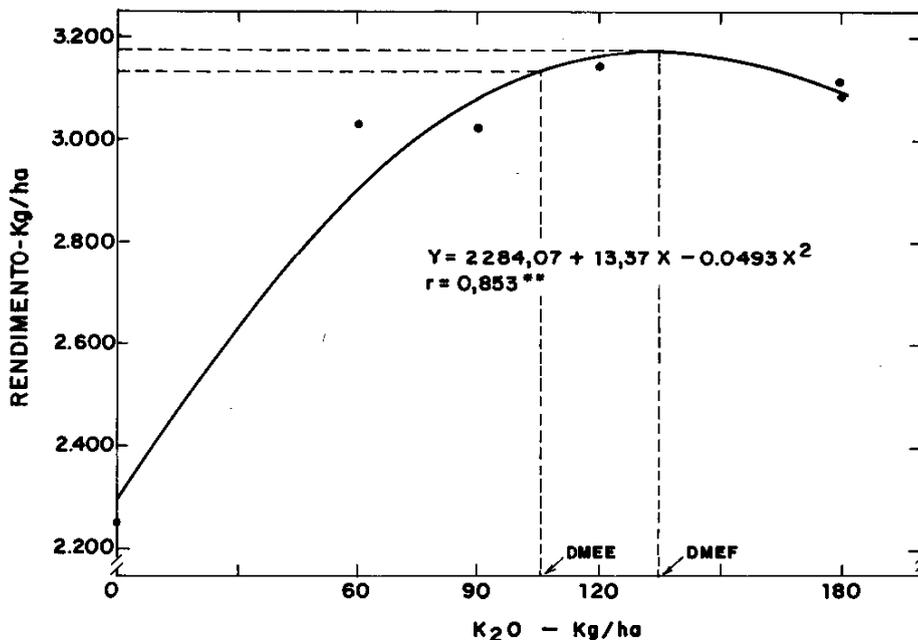
A Fig. 1 apresenta a resposta da soja em função de doses crescentes de K, aplicada no primeiro ano, a lanço, quando, através de equação de regressão, foi calculada a dose de máxima eficiência física (DMEF), cujo valor foi de 135,60 kg/ha de  $K_2O$  e a dose de máxima eficiência econômica (DMEE) foi de 105,17 kg/ha de  $K_2O$ . O valor da DMEE obtido teoricamente deveria representar a adubação de correção do solo em estudo, mas, como deixou-se de incluir o efeito residual de  $K_2O$ , a DMEE, aqui determinada, estaria, de certa forma, superestimada.

Os teores médios de K no perfil do solo dos tratamentos que receberam 60, 120 e 180 kg/ha de  $K_2O$ , a lanço, no primeiro ano, e a percentagem de K perdido (extraído pela cultura ou lixiviado para camadas abaixo de 60 cm do solo), durante dois anos de condução do ensaio, encontram-se nas Tabelas 5, 6 e 7. Para a aplicação de 60 kg/ha de  $K_2O$ , as perdas no primeiro ano foram de 94%, e no segundo cultivo, 113% (Tabela 5), o que demonstra que, no segundo cultivo, além do K aplicado, foi lixiviada ou consumida pela cultura uma parte da reserva do nutriente no solo, em forma prontamente disponível para as plantas. Para o tratamento 120 kg/ha de  $K_2O$ , as perdas foram de 71% no primeiro ano, e de 90% no segundo ano (Tabe-

**TABELA 4. Resumo dos ganhos de rendimentos ( $\Delta y$ ) da cultura pelo uso do  $K_2O$  em relação à testemunha, acréscimo do retorno líquido e taxa marginal de retorno.**

$K_2O$ (kg/ha)	$(\Delta y)_1$	$\Sigma (\Delta y)_2$	$\Sigma (\Delta y)_3$	Acréscimo ret. líq. - Cr\$			Taxa marginal de retorno		
				1984/85	1985/86	1986/87	1º ano	2º ano	3º ano
000 (testemunha)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
90L, no 1º ano	783	1.118	1.025	1.282	1.120	1.887	1,90	3,14	2,80
120L, no 1º ano	883	1.353	1.611	1.307	2.482	3.127	1,45	2,76	3,47
180L, no 1º ano	863	1.615	2.646	807	2.687	5.265	0,60	1,99	3,90
30S, anual	345	659	1.847	638	1.197	3.942	2,83	2,66	5,84
60S, anual	366	796	1.888	465	1.090	3.371	1,03	1,21	2,50
60L, anual	781	1.168	2.151	1.502	2.020	4.027	3,33	2,24	2,98
30S+30C, anual	727	1.350	2.444	1.367	2.475	4.760	3,03	2,75	3,52

$(\Delta y)_1$ : acréscimo de produção, kg/ha de grãos de soja no 1º ano;  
 $\Sigma (\Delta y)_2$ : acréscimo de produção, kg/ha de grãos de soja nos 1º e 2º anos;  
 $\Sigma (\Delta y)_3$ : acréscimo de produção, kg/ha de grãos de soja nos 1º, 2º e 3º anos;  
 L: aplicação a lanço;  
 S: aplicação em sulco;  
 C: aplicação em cobertura.



**FIG. 1. Rendimento da soja IAC 8, em função de níveis crescentes de potássio aplicados a lanço, evidenciando a dose de máxima eficiência econômica (DME). Preço da soja Cr\$ 2,5/kg de grãos; preço do adubo, cloreto de potássio: Cr\$ 4,5/kg de KCl.**

**TABELA 5.** Teores médios de potássio no solo, antes de adubado com cloreto de potássio, em 1984, e após a aplicação de 60 kg/ha de  $K_2O$ , a lanço, antes do cultivo do 1º ano, e estudo das perdas de K no solo (extraído pela cultura ou lixiviação), durante dois anos de cultivo com a soja.

Profundidade (cm)	K no solo		Total	K no solo		K extraído/lixiviado	
	1984	1984		1985	1986	1985	1986
----- ppm -----				----- % -----			
0 - 15	8,4	33,3	41,7	12,5	11,0	88	89
0 - 30	7,7	16,7	24,4	9,8	7,8	87	99
0 - 45	7,2	11,1	18,3	8,2	6,6	91	105
0 - 60	6,8	8,3	15,1	7,3	5,7	94	113

**TABELA 6.** Teores médios de potássio no solo, antes de adubado com cloreto de potássio, em 1984, e após a aplicação de 120 kg/ha de  $K_2O$ , a lanço, antes do cultivo do 1º ano, e estudo das perdas de K no solo (extraído pela cultura ou lixiviação) durante dois anos de cultivo com a soja.

Profundidade (cm)	K no solo		Total	K no solo		K extraído/lixiviado	
	1984	1984		1985	1986	1985	1986
----- ppm -----				----- % -----			
0 - 15	8,4	66,7	75,1	18,0	15,0	86	90
0 - 30	7,7	33,3	41,0	15,0	11,2	78	90
0 - 45	7,2	22,2	29,4	12,9	9,5	74	90
0 - 60	6,8	16,7	25,5	11,6	8,4	71	90

**TABELA 7.** Teores médios de potássio no solo, antes de adubado com cloreto de potássio, em 1984, e após a aplicação de 180 kg/ha de  $K_2O$ , a lanço, antes do cultivo do 1º ano, e estudo das perdas de K no solo (extraído pela cultura ou lixiviação) durante dois anos de cultivo com a soja.

Profundidade (cm)	K no solo		Total	K no solo		K extraído/lixiviado	
	1984	1984		1985	1986	1985	1986
----- ppm -----				----- % -----			
0 - 15	8,4	100,0	108,4	20,0	16,0	88	92
0 - 30	7,7	50,0	57,7	16,5	12,2	82	91
0 - 45	7,2	33,3	40,5	14,7	10,7	77	90
0 - 60	6,8	25,0	31,8	13,5	9,3	73	90

la 6). Com a dose de 180 kg/ha de  $K_2O$ , no primeiro cultivo foram perdidos 73%, e no segundo, 90% (Tabela 7). A análise dos resultados obtidos nas Tabelas 5, 6 e 7, consubstanciados com os da Tabela 3, onde não se registra diferença significativa entre o rendimento de grãos destes três tratamentos, permitem inferir que nos dois anos houve maior eficiência da aplicação da dose de 60 kg/ha de  $K_2O$  em relação às doses 120 e 180 kg/ha de  $K_2O$ , no que se refere à produção de grãos de soja, e que certamente as doses mais elevadas de K contribuíram para

atenuar as perdas de K por lixiviação. Resultados semelhantes foram obtidos por Souza et al. (1979a), em solo de cerrado de Planaltina, DF, onde as perdas, em cultivo de primeiro ano, atingiram aproximadamente 25% do K aplicado. Com base nos estudos de Souza et al. (1979a) e nas características do solo apresentadas na Tabela 1, a capacidade de retenção de cátions deste solo é baixa, o que provavelmente favoreceu as perdas do K por lixiviação.

A lixiviação do K no solo cresceu com a dose do adubo aplicado (Fig. 2). Os níveis de 120 e

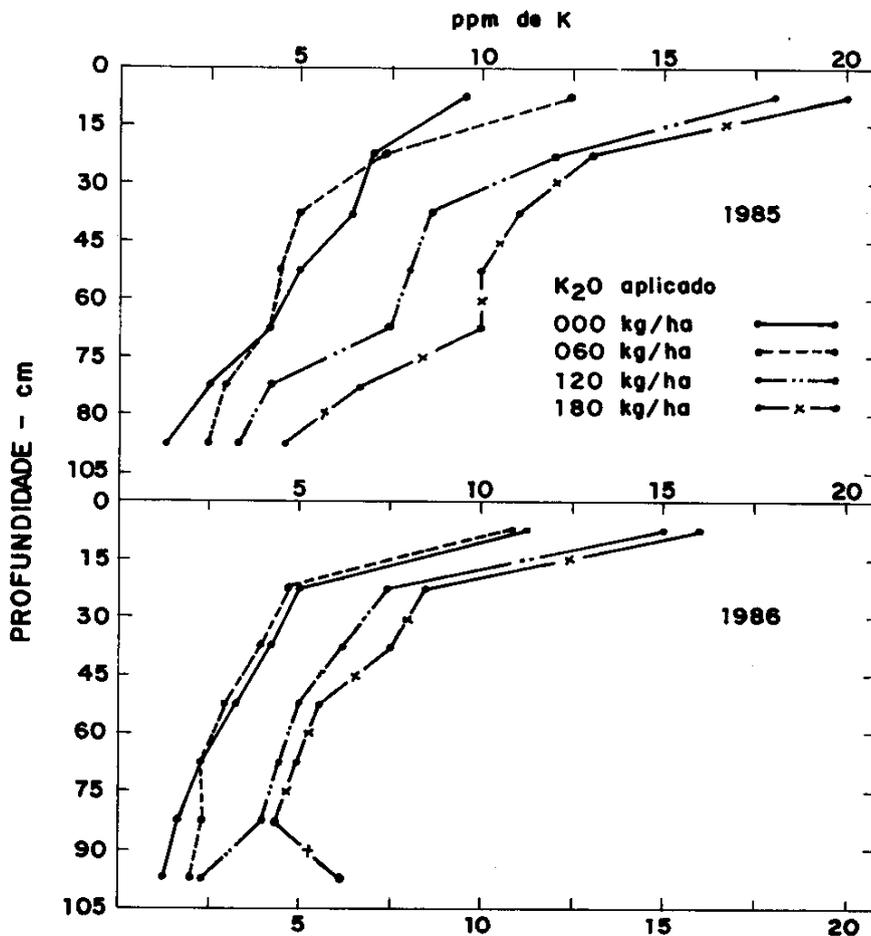


FIG. 2. Níveis de potássio no perfil do solo, após a colheita da soja em 1985 e 1986, em função das doses de  $K_2O$  aplicadas a lanco no primeiro ano, para estudo do efeito residual do K.

180 kg/ha de  $K_2O$  aumentaram consideravelmente a lixiviação de K para camadas abaixo dos 30 cm de profundidade do solo, nos dois anos de observação. A perda de K pode ser mais expressiva, sabendo-se que a exploração efetiva das raízes é mais intensa nos 30 cm superficiais do solo, e que, para Souza et al. (1979a), o K que se desloca dessa camada para as mais profundas é considerado lixiviado. Uma melhor distribuição do K no perfil do solo, no primeiro cultivo (Fig. 2) não levou necessariamente à obtenção de maiores rendimentos da soja no segundo ano, mesmo nas doses mais elevadas, de 120 e 180 kg/ha de  $K_2O$  (Tabela 3). O aumento no teor de K ou mesmo sua manutenção na parte superficial do solo, 15 cm, no tratamento testemunha (Fig. 2), pode, talvez, ser explicado pela lavagem ou decomposição do K das folhas no final do ciclo da cultura, que fora retirado das camadas mais profundas do solo pelas raízes das plantas.

Os teores médios de alguns nutrientes no solo, após o cultivo de 1984/85, e na matéria seca das folhas da soja, comparados com o rendimento da cultura, encontram-se na Tabela 8. O P e o Mg, segundo referência da EMBRAPA (1984), encontram-se em níveis adequados, enquanto o K e o Ca, em todos os tratamentos, estão em níveis inferiores. As doses de 60, 120 e 180 kg/ha de  $K_2O$ , a lanço, proporcionaram acréscimos nos teores de K no solo da ordem de 11%, 67% e 89%, e nas folhas, de 10%, 17% e 27%, respectivamente, em relação à testemunha. Idêntico comportamento, com relação aos teores de K no solo e nas folhas de soja, foi registrado no trabalho de Ritchey et al. (1987).

Não houve correlação positiva dos níveis de K no solo e nas folhas com o rendimento da cultura. Porém, a máxima produção esteve associada ao teor de 1,31% de K nas folhas (Tabela 8), o que corrobora os resultados obtidos por Ritchey et al. (1987), mas diverge de Rosolem et al. (1984), onde as máximas produtivas foram associadas aos teores de K, nas folhas acima de 1,5% e de Sfredo et al. (1986), em que os níveis adequados de K nas folhas situam-se entre 1,7% e 2,5%.

## CONCLUSÕES

1. No Latossolo Vermelho-Amarelo fase arenosa, em cultivo de primeiro ano, não é necessária a aplicação de doses de  $K_2O$  acima de 60 kg/ha para a soja atingir rendimentos máximos (cerca de 3.000 kg/ha de grãos).

2. No Latossolo Vermelho-Amarelo fase arenosa, o efeito residual de doses menores que 180 kg/ha de  $K_2O$ , no terceiro cultivo, não é suficiente para manter o rendimento de grãos de soja acima 2.000 kg/ha.

3. Em termos de investimento com o adubo aplicado em primeiro cultivo, há melhor resposta de 60 kg/ha de  $K_2O$ , aplicado a lanço, e nos segundo e terceiro ano as melhores respostas são para o efeito residual de 180 kg/ha de  $K_2O$ .

4. As aplicações de 60, 180 kg/ha de  $K_2O$ , a lanço, no primeiro ano, e de 30 kg/ha de  $K_2O$ , no sulco anual, há, respectivamente, no primeiro, segundo e terceiro cultivo da soja, maior taxa marginal de retorno dos investimentos com o adubo.

TABELA 8. Médias de teores de K, P, Ca e Mg no solo (30 cm), após o cultivo de 1984/85, e nas folhas e rendimentos de grãos de soja, cv IAC-8, em função dos níveis de  $K_2O$ , aplicados a lanço.

K <sub>2</sub> O (kg/ha)	Rendimento (kg/ha)	µg/ml no solo				% nas folhas			
		K	P	Ca	Mg	K	P	Ca	Mg
0	2.252	9	22	84	27	1,19	0,31	0,89	0,46
60	3.185	10	23	121	38	1,31	0,31	0,94	0,40
120	3.135	15	21	102	38	1,39	0,31	0,91	0,40
180	3.115	17	22	92	34	1,51	0,30	0,91	0,39

Análise laboratoriais de solos e plantas da EMBRAPA/CNPA

5. As máximas produtividades da soja são obtidas com teores de K, na matéria seca das folhas, iguais ou superiores a 1,3%.

6. Em estudo de efeito residual do adubo, em condições de solo arenoso, a dose de 120 kg/ha de K<sub>2</sub>O, ou maior, aplicada a lanço, favorece sobremaneira a lixiviação do K para as camadas abaixo de 30 cm do solo, já no primeiro cultivo.

### AGRADECIMENTOS

Ao pesquisador José Wellington dos Santos, do Centro Nacional de Pesquisa do Algodão - CNPA -, pelo trabalho de processamento e análise estatística dos dados obtidos.

### REFERÊNCIAS

- CATANI, R.A.; GALLO, J.R.; GARGANTINI, R. *Amostragem do solo, método de análise, interpretação e indicações gerais para fins de fertilidade*. Campinas; Instituto Agrônômico, 1955. 28p. (Boletim, 69).
- CORDEIRO, D.S.; SFREDO, G.J.; BORKET, C.M.; SARRUGE, J.R.; PALHANO, J.B.; CAMPOS, R.J. Calagem, adubação e nutrição mineral. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Soja (Londrina, PR). *Ecologia, manejo e adubação da soja*. Londrina, 1979. p.19-49, (EMBRAPA-CNPSO. Circular Técnica, 16).
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Soja (Londrina, PR). *Nutrição vegetal e microbiologia do solo; calagem na cultura da soja*. In: \_\_\_\_\_ . *Relatório técnico anual - 1982 e retrospectiva 1975 a 1981*. Londrina, 1984. p.37-40.
- LOPES, A.S. Solos sob "cerrado": características, propriedades e manejo. Piracicaba: Instituto da Potassa & Fosfato, 1983. 162p.
- LOPES, A.S.; COX, F.R. A survey of the fertility status of surface soils under "cerrado" vegetation in Brazil. *Soil Science Society American Journal*, v.41, n.4, p.742-746, 1977.
- MASCARENHAS, H.A.A.; BRAGA, N.R.; MIRANDA, M.A.C.; TISSELI FILHO, O.; MIYASAKA, J. Calagem e adubação da soja. In: FUNDAÇÃO CARGILL. *A soja no Brasil central*. 2. ed. Campinas, 1982. p.137-211.
- MASCARENHAS, H.A.A.; VALADARES, J.M.A.S.; ROTA, C.L.; BULISANI, E.A. Adubação potássica na produção de soja, nos teores de potássio nas folhas e na disponibilidade de potássio em Latossolo Roxo Distrófico de cerrado. *Bragantia*, Campinas, v.40, n.12, p.125-134, 1981.
- MIKKELSEN, D.S.; FREITAS, L.M.M.; McCLUNG, A.C. *Efeitos da calagem e adubação na produção de algodão, milho e soja em três solos de campo cerrado*. São Paulo: Instituto de Pesquisa IRI, 1963. 48p. (Boletim, 29).
- PERRIN, R.K.; WINKELMANN, D.L.; MOSCARDI, E.R.; ANDERSON, J.R. *Formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos*. México: Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, 1976. 45p. (Información nº 27).
- RAIJ, B. Van; MASCARENHAS, H.A.A. Calibração de potássio e fósforo em solo para soja. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 15., 1976, Santa Maria. *Anais...* Santa Maria: SBCS, 1976. p.309-315.
- RITCHEY, K.D.; CERKAUSKAS, R.F.; SILVA, J.E. da; VIVLELA, L. Residual effects of potassium and magnesium on soybean yield and on disease incidence in a cerrado dark-red Latosol. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.22, n.8, p.825-832, 1987.
- ROSOLEM, C.A.; NAKAGAWA, J.; MACHADO, J.R. Adubação potássica da soja em Latossolo Vermelho-Escuro fase arenosa. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.19, n.11, p.1319-1326, 1984.
- SFREDO, G.J.; LANTMAN, A.F.; CAMPOS, R.J.; BORKERT, C.M. Soja: nutrição mineral, adubação e calagem. Londrina: EMBRAPA-CNPSO, 1986. 51p. (EMBRAPA-CNPSO. Documentos, 17).
- SOUZA, D.M.G. de; RITCHEY, K.D.; LOBATO, E.; GOEDERT, W.J. Potássio em solo de cerrado. II. Balanço no solo. *Revista Brasileira de ciências do solo*, Campinas, v.3, n.1, p.33-36, 1979a.
- SOUZA, F.A.; CARVALHO, M.P.; BAUMGARTNER, J.G. Efeitos de doses e de modos de apli-

cação de adubo na cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill), cv. Santa Rosa. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE PESQUISA DE SOJA, 1., 1979. Anais... Londrina, PR: [s.n.], 1979b. p.229-234.

YAMADA, T.; HAAG, H.P. Doses e métodos de distribuição de cloreto de potássio na cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) em Latossolo Roxo. Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, v.38, n.1, p.139-164, 1981.