

RESPOSTA DA SOJA À ADUBAÇÃO E DISPONIBILIDADE DE POTÁSSIO EM LATOSSOLO ROXO DISTRÓFICO

CLÓVIS MANUEL BORKERT, JOSÉ RENATO BOUÇAS FARIAS, GEDI JORGE SFREDO²,
FÁBIO TUTIDA e CLAUDIO LUIS SPOLADORI³

RESUMO - Com o objetivo de estudar a melhor técnica de adubação corretiva com K e o efeito residual dessa adubação, foi realizado um experimento de longa duração em um Latossolo Roxo distrófico, no município de Mauá da Serra, PR. Nos primeiros cinco anos de condução do experimento (1983 a 1987), foram aplicadas, anualmente, as doses de cloreto de potássio de zero, 40, 80, 120, 160 e 200 kg de K₂O/ha, no sulco de semeadura e a lanço. Nos cinco anos agrícolas seguintes, a soja foi cultivada sem adubação de K. Avaliou-se o efeito dos tratamentos sobre a disponibilidade de K e sobre o teor de K nas folhas do terço superior da planta, nas sementes e sobre o rendimento de soja. Concluiu-se que com K trocável menor do que 0,10 cmol_c dm⁻³ de terra fina seca ao ar a soja não deve ser cultivada no solo em estudo sem adubação corretiva de 150 a 200 kg de K₂O/ha e adubação anual de manutenção de 80 kg de K₂O/ha. Folhas de soja do terço superior, na floração, com teores menores do que 12,5 g kg⁻¹ de K, apresentam sintomas de deficiência e o rendimento é significativamente reduzido. A alta produtividade de soja ocorreu quando a porcentagem de K nas folhas foi maior que 17,1 g kg⁻¹.

Termos para indexação: adubação potássica, *Glycine max*, efeito residual de potássio.

SOYBEAN RESPONSE TO FERTILIZATION AND POTASSIUM AVAILABILITY

IN AN OXISOL (HAPLORTHOX)

ABSTRACT - With the objective of studying the best technique for corrective K fertilization and the residual effect of K fertilization, a long term experiment was run in an Oxisol (Haplorthox), in Mauá da Serra, PR, Brazil. In the first five growing seasons (1983 to 1987), rates of potassium chloride of 0, 40, 80, 120 and 200 kg of K₂O/ha were applied every year in the seed furrow and by broadcasting. In the next five growing seasons, soybean was cultivated without K fertilization. Treatment effects were evaluated on exchangeable-K in the soil, and K content in the leaves of the upper third of the plant and in the seeds, and on soybean yield. It was concluded that soybean can not achieve high yields when cultivated in an Oxisol (Latossoilo Roxo distrófico -LRd) low in exchangeable K (0,10 cmol_c dm⁻³) without K soil correction with 150 to 200 kg of K₂O/ha plus a yearly maintenance application of 80 kg of K₂O/ha. Soybean leaves of the upper third with less than 12.5 g kg⁻¹ of K content show K deficiency symptoms. High yields are always associated with K content in leaves higher than 17.1 g kg⁻¹.

Index terms: potassium fertilization, *Glycine max*, K-residual effect.

¹ Aceito para publicação em 4 de junho de 1997.

Trabalho parcialmente financiado pela POTAFOS, mediante contrato de cooperação nº 10200-85/145-B, Embrapa-CNPSo/POTAFOS.

² Eng. Agr., Dr., Embrapa-Centro Nacional de Pesquisa de Soja (CNPSo), Caixa Postal 231, CEP 86001-970 Londrina, PR. Bolsista do CNPq. E-mail: borkert@cnpso.embrapa.br

³ Eng. Agr., estagiário na Embrapa-CNPSo. Bolsista do CNPq.

INTRODUÇÃO

Dentro da classe de Latossolos Roxos, na qual ocorreu grande parte da expansão da área cultivada com soja no Estado do Paraná, na década de setenta, o Latossolo Roxo distrófico ocupa a maior área, abrangendo uma superfície de 1.834.700 ha, equiva-

lente a 14% da superfície total agricultável do Estado. Embora possua menor acidez do que o Latossolo Roxo álico, o Latossolo Roxo distrófico também é um solo ácido, de baixa fertilidade. No trabalho de Palhano et al. (1983), em seis Latossolos Roxos distróficos do Paraná, com diferentes teores de K trocável, de 0,10 a 0,40 $\text{cmol}_c\text{dm}^{-3}$ de terra fina seca ao ar (TFSA), somente em um local foi encontrada resposta da soja à aplicação de K, num dos três anos agrícolas pesquisados, cujo teor de K trocável no solo estava baixo, 0,10 $\text{cmol}_c\text{dm}^{-3}$ de TFSA.

Na maioria dos trabalhos de pesquisa não tem sido encontrada resposta à adubação potássica, porque a disponibilidade inicial de K é de média a alta.

No trabalho realizado por Borkert et al. (1997b), em Latossolo Roxo eutrófico, que apresentava teor inicial de K trocável de 0,47 $\text{cmol}_c\text{dm}^{-3}$ de TFSA, somente após oito anos de cultivo de soja e trigo houve queda de rendimento de grãos na parcela-testemunha, com o teor de K baixando para 0,09 $\text{cmol}_c\text{dm}^{-3}$ de TFSA.

Noutra pesquisa, desenvolvida por Borkert et al. (1997a), em Latossolo Roxo álico, com K trocável inicial de 0,31 $\text{cmol}_c\text{dm}^{-3}$ de TFSA, houve limitação significativa da produtividade já no segundo cultivo de soja e de trigo na parcela-testemunha, cuja disponibilidade de K era de 0,11 $\text{cmol}_c\text{dm}^{-3}$ TFSA.

As tabelas de recomendação de adubação são baseadas em probabilidades de respostas determinadas pela disponibilidade do nutriente no solo, avaliado por um método selecionado, que é calibrado para um grupo específico de solos. Na tabela de recomendação de adubação da Organização das Cooperativas do Estado do Paraná (1994), o K extraído por solução de duplo ácido foi classificado em quatro classes de disponibilidade: muito baixa (<0,10 $\text{cmol}_c\text{dm}^{-3}$); baixa (0,11 a 0,20 $\text{cmol}_c\text{dm}^{-3}$); média (0,21 a 0,30 $\text{cmol}_c\text{dm}^{-3}$) e alta (>0,30 $\text{cmol}_c\text{dm}^{-3}$). As recomendações de K aumentam progressivamente com a diminuição da disponibilidade do nutriente no solo e com o tempo de cultivo da lavoura. Também podem ser estabelecidas probabilidades de respostas mais específicas em determinado solo, com base na avaliação de diversos anos de cultivo, como as probabilidades apresentadas por Borkert et al. (1993b).

Este trabalho foi realizado visando estudar a resposta da soja à adubação com potássio, o efeito residual desta adubação sobre o rendimento da soja e os teores de K nas folhas e nas sementes de soja, e monitorar a disponibilidade de K em um Latossolo Roxo distrófico.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido durante dez safras, de 1983/84 a 1992/93, em um Latossolo Roxo distrófico (LRd), com horizonte A moderado, textura argilosa, fase floresta tropical perenifólia, relevo suave ondulado (Embrapa, 1984), no município de Mauá da Serra, PR.

Foi utilizado o delineamento em blocos ao acaso, com arranjo fatorial 6×2 , em parcelas subdivididas, com quatro repetições. Nas parcelas principais foram avaliadas as doses de K, e nas subparcelas, o modo de sua aplicação. As doses de potássio aplicadas foram: zero, 40, 80, 120, 160 e 200 kg de K_2O /ha. Os modos de aplicação foram: aplicação do adubo a lanço e no sulco de semeadura, adjacente às sementes. As doses de K foram aplicadas anualmente, nos primeiros cinco anos (1983 a 1987), sendo este período denominado de "efeito acumulativo da adubação potássica", no qual foram criados e mantidos diferentes teores de K no solo. Nas cinco safras seguintes, a soja foi cultivada sem a adubação potássica.

A acidez do solo na área do experimento foi corrigida pela aplicação de calcário em 1983, antes do início do experimento (5,0 t ha^{-1}), e em 1989 (10,5 t ha^{-1}). Todas as parcelas receberam anualmente uma adubação de 100 kg ha^{-1} de P_2O_5 , tendo como fontes o superfosfato simples e o superfosfato triplo, de forma alternada. No primeiro e no quinto ano, foram aplicados Zn, B, Mo e Co na forma de óxidos silicados, para prevenir qualquer deficiência destes micronutrientes.

Durante oito dos dez anos de condução do experimento foi cultivado trigo no inverno, em sucessão à soja; no inverno de 1985 foi cultivado girassol, e no de 1989, aveia-preta.

Nas sementes de soja foi inoculado, todos os anos, *Bradyrhizobium japonicum*, para assegurar fixação eficiente de N do ar. A cultivar de soja semeada nos primeiros cinco anos foi a Paraná. Nos dois anos subsequentes, foram semeadas as cultivares FT-10 e Ocepar 9 SS-1, e nos três últimos anos, a BR-16. Durante todo o ciclo, a soja foi protegida do ataque de pragas pela aplicação de baculovírus e inseticidas específicos. As plantas daninhas foram controladas por herbicidas específicos antes da semeadura, e depois, por capina manual.

A coleta de amostras de solo foi efetuada aproximadamente um mês antes da semeadura da soja de cada ano. Nos primeiros dois anos estas amostras foram tomadas na profundidade de 0-20 cm. De 1985 em diante, foram coletadas amostras nas profundidades de 0-20 cm e de 20-40 cm. As análises químicas destas amostras foram feitas segundo o método descrito no manual da Embrapa (1979). Logo após a amostragem de solo, as parcelas foram preparadas e sulcadas, com aplicação dos tratamentos e de adubo comum a todas as parcelas. Desde a incorporação do calcário no início do experimento, e, com exceção do ano de 1989, quando foi aplicado calcário novamente, o solo não foi arado e nem gradeado, para evitar a contaminação de parcelas vizinhas e evitar a compactação do solo com o tráfego de máquinas pesadas. A incorporação dos adubos espalhados a lâmpo foi efetuada com escarificador, a 15 cm de profundidade.

A amostragem de tecido vegetal para avaliar o estado nutricional da soja foi efetuada no início da floração, tomando-se 30 folhas trifolioladas por subparcela, das terceiras e quartas folhas trifolioladas, contadas do topo para baixo, que são folhas maduras e fisiologicamente ativas. As análises de tecido vegetal foram efetuadas no Laboratório de Análises Químicas de Solo e Tecido Vegetal do CNPSo, seguindo o método de digestão nitroperclórica e leitura no espectrofotômetro de absorção atômica para Ca, Mg e micronutrientes. O K foi determinado por fotometria de chama, e o P e o N, pelo método espectrofotométrico.

Foi efetuada a análise de variância dos dados obtidos e aplicado o teste de Duncan a 5% para a comparação entre médias. Para melhor interpretação dos resultados, foram calculados, pelo método de Thornthwaite & Mather (1955) e representados graficamente, os balanços hídricos decendiais de nove safras (1983/84 a 1991/92). Da safra 1992/93, não há dados meteorológicos disponíveis, portanto, não foi possível calcular os balanços hídricos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos dez anos de experimentação, não foram observadas diferenças, entre os modos de aplicação do adubo potássico, sobre os parâmetros determinados, e nem ocorreram interações significativas entre os modos de aplicação e doses de K. Portanto, todos os

dados apresentados e discutidos são médias obtidas nos quatro blocos e nas duas subparcelas de modo de aplicação.

Efeito acumulativo da aplicação de doses de cloreto de potássio

Os resultados das análises químicas das amostras de solo, coletadas antes de cada semeadura de soja, que apresentaram pouca ou nenhuma variabilidade entre os tratamentos, foram reunidos na Tabela 1. O calcário não foi aplicado, antes do primeiro cultivo, com a antecedência suficiente para a completa eliminação da acidez até a data de amostragem inicial do solo em 27.10.83; no ano seguinte a acidez foi eliminada. A aplicação anual de P aumentou a disponibilidade deste nutriente, principalmente no primeiro ano.

De maneira geral, exceto no tocante a K, não houve limitação dos principais nutrientes para o crescimento e boa produtividade de soja (Tabela 2), de acordo com a tabela de interpretação da concentração de nutrientes apresentada em Embrapa (1994).

O K trocável era extremamente baixo, no início do experimento, a saber: $0,05 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de TFSA, extraído pelo método Mehlich-1 (Fig. 1). As aplicações anuais de 40 e 80 kg de $\text{K}_2\text{O}/\text{ha}$ antes de cada cultivo de soja não foram suficientes para elevar o teor de K trocável na camada arável até acima de $0,10 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de TFSA (Fig. 1), o qual diminui a probabilidade de resposta da soja à adubação potássica neste solo (Borkert et al., 1993b). Estas mesmas doses de K também não foram suficientes para elevar o K trocável até $0,10 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ na camada de 20-40 cm (Fig. 2). A baixa disponibilidade de K, nas duas camadas, nos tratamentos zero, 40 e 80 kg de $\text{K}_2\text{O}/\text{ha}/\text{ano}$, teve influência negativa sobre o teor de K no tecido das folhas de soja (Fig. 3), e, principalmente nos dois primeiros tratamentos, o teor ficou abaixo de $15,0 \text{ g kg}^{-1}$ de K e limitou o rendimento de grãos de soja (Fig. 4). Por problemas climáticos (Fig. 5), o rendimento de 1985/86 não alcançou $1.000 \text{ kg}/\text{ha}$ de grãos (Fig. 4). A aplicação anual de 120 kg de $\text{K}_2\text{O}/\text{ha}$ aumentou muito lentamente a disponibilidade de K

TABELA 1. Características químicas do Latossolo Roxo distrófico em Mauá da Serra, PR, em duas profundidades, nos anos de 1983 a 1987, antes de cada cultivo de soja. Médias de 48 parcelas¹.

Ano	Profundidade da amostragem (cm)	pH	Cátions trocáveis				Saturação Al (%)	M.O. (mg dm ⁻³)	P (mg dm ⁻³)
			Al ³⁺	H ⁺ +Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺			
			----- (cmol _c dm ⁻³ de solo) -----						
1983	0-20	5,45 ²	0,21	-	3,62	1,77	4,35	51,3	5,0
1984	0-20	6,12 ²	0,01	-	7,50	3,46	0,15	56,1	13,2
1985	0-20	5,15 ³	0,02	5,63	6,32	2,98	0,35	50,2	12,3
	20-40	4,75 ³	0,09	6,76	4,07	1,92	1,73	47,6	5,7
1986	0-20	4,94 ²	0,04	6,15	5,51	2,45	0,71	50,9	12,1
	20-40	4,66 ³	0,17	6,68	3,69	1,71	3,86	44,9	6,9
1987	0-20	4,89 ³	0,04	4,62	4,91	1,99	0,89	49,6	16,2
	20-40	4,32 ³	0,35	4,34	1,77	1,11	11,47	35,5	1,6

¹ Extração: Al, Ca e Mg - KCl 1N; H-Al - correlação com pH SMP; %C-mistura de dicromato de potássio mais ácido sulfúrico; M.O.=%C x 0,17; P - Mehlich-1.

² pH em H₂O.

³ pH em CaCl₂.

(Figs. 1 e 2) nos primeiros cinco anos, e isto resultou em teor baixo de K nas folhas (Fig. 3). Somente as aplicações de doses de 160 e 200 kg/ha/ano elevaram o teor de K (Figs. 1 e 2) acima do ponto crítico (Borkert et al., 1993b), mantendo o teor de K nas folhas suficiente (Fig. 3) para altas produtividades (Fig. 4). Isto demonstra que num solo com baixa disponibilidade de K, para recuperar a fertilidade perdida pelo mau manejo da fertilidade e por adubações desequilibradas, há a necessidade de uma adubação de correção e uma adubação de manutenção maior do que a quantidade de K, extraída pelos grãos, em torno de 22 kg de K por tonelada produzida (Organização das Cooperativas do Estado do Paraná, 1994).

A baixa disponibilidade de K desde o início do cultivo de soja (Figs. 1 e 2) determinou baixos teores de K nas folhas (Fig. 3), com aparecimento de sintomas de deficiência, e, além de haver prejudicado o rendimento da cultura (Fig. 4), também teve influência sobre o teor de K nas sementes (Fig. 6). No trabalho de Borkert et al. (1989) ficou demonstrado que a adubação com K, em solo com baixo teor de K

trocável, reduz a infecção de sementes por *Phomopsis* e melhora a qualidade das sementes colhidas. Por diminuir a permanência da soja no campo antes da colheita e o aparecimento da haste verde, a adubação com K é também uma das medidas preventivas para diminuição de danos às sementes causados por percevejos (Borkert et al., 1987).

Efeito residual da aplicação de doses de cloreto de potássio

A partir da safra 1988/89, não houve reaplicação de adubo K. O calcário aplicado em 1989 elevou o pH, e a aplicação anual de P manteve a fertilidade do solo alta, para permitir boa produtividade de soja (Tabela 3). Nos cinco anos em que foi monitorado o teor de nutrientes nas folhas de soja (Tabela 4), as concentrações no tecido foliar foram mantidas dentro de níveis de suficiência considerados ótimos (Embrapa, 1994).

O K trocável, que no período do efeito acumulativo da adubação potássica chegou a alcançar

TABELA 2. Teores de nutrientes em folhas¹ de soja. Médias de dois modos de aplicação do adubo e quatro repetições nos cultivos de 1983/84 a 1987/88, em Mauá da Serra, PR.

Dose anual ² de K ₂ O (kg/ha)	N	P	Ca	Mg	Zn	Mn	Fe	Cu
	(g kg ⁻¹)				(mg kg ⁻¹)			
1983/84								
0	49,6	4,8	8,9	10,5	34	64	175	11
40	48,5	4,0	8,5	7,9	29	60	137	10
80	47,6	4,2	7,8	6,4	26	60	135	10
120	47,7	4,1	8,2	5,8	26	61	129	11
160	49,0	4,1	7,8	5,5	28	56	137	10
200	47,0	4,2	7,5	5,2	27	58	140	12
1984/85								
0	38,4	4,7	9,3	11,3	35	84	371	9
40	35,5	2,9	9,6	7,7	26	98	204	7
80	35,5	2,9	10,2	8,0	24	112	196	8
120	36,8	3,1	8,7	6,1	25	119	191	8
160	36,8	2,9	8,1	5,1	26	101	213	9
200	35,9	3,0	7,4	4,4	23	101	204	9
1985/86								
0	41,8	4,0	5,9	7,2	24	50	516	8
40	41,9	3,4	6,1	6,0	19	58	464	8
80	41,7	3,2	6,1	5,4	18	60	460	7
120	42,3	3,4	5,4	4,5	19	62	402	7
160	43,8	3,5	5,6	4,7	20	60	393	8
200	44,0	3,5	5,0	4,2	20	60	420	8
1986/87								
0	60,1	6,5	6,8	8,0	48	65	173	12
40	59,3	6,2	5,8	5,1	44	70	164	11
80	59,5	6,1	6,4	5,2	43	72	198	12
120	57,9	6,0	5,9	4,4	42	75	168	12
160	58,3	5,8	5,7	4,4	41	70	181	11
200	59,4	5,8	5,7	4,5	40	75	170	11
1987/88								
0	63,7	4,2	9,9	10,5	46	69	640	12
40	59,5	4,6	7,6	6,4	41	63	207	11
80	61,4	4,2	7,1	5,6	40	71	184	11
120	60,2	4,6	6,8	5,3	40	67	195	12
160	60,2	4,1	6,0	5,2	38	63	176	12
200	60,0	4,2	5,7	4,6	37	66	180	11

¹ Folhas coletadas no início da floração, com amostras tomadas nas terceiras e quartas folhas trifolioladas do topo para baixo.

² Doses anuais aplicadas na forma de cloreto de potássio na semeadura.

0,20 cmol_cdm⁻³ de TFSA no tratamento com 200 kg de K₂O/ha/ano (Fig. 1), rapidamente foi esgotado na camada arável, pelo cultivo sucessivo de soja-trigo, nos cinco anos de efeito residual (Fig. 7). O mesmo aconteceu na camada de 20-40 cm de profundidade (Fig. 8), com teores de 0,03 cmol_cdm⁻³ de TFSA. Esta limitação na disponibilidade de K do solo teve efeito negativo sobre o teor de K no tecido das folhas de soja (Fig. 9). Isto permitiu estabelecer e defi-

nir limites de níveis de suficiência de K no tecido foliar e monitorar o estado nutricional da soja (Borkert et al., 1993a). A queda gradativa da produtividade apresentada de ano para ano (Fig. 10) foi diferenciada em determinadas safras, principalmente por causa das ocorrências climáticas de cada ano agrícola (Fig. 11). No período de 1988 a 1991, a cada safra agrícola houve queda dos rendimentos de grãos, em todos os tratamentos.

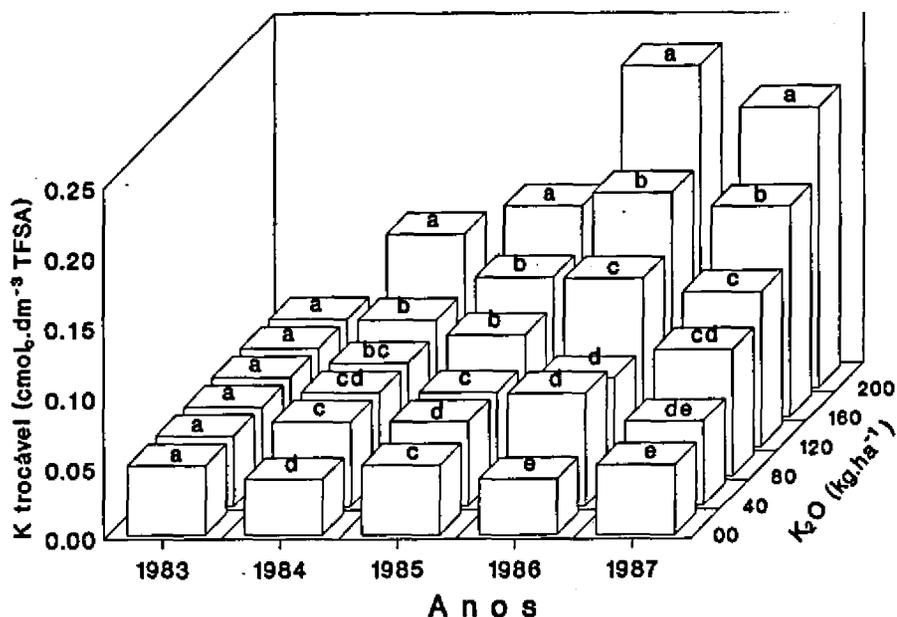


FIG. 1. Disponibilidade de potássio na profundidade de 0-20 cm, resultado da adição de doses anuais de K_2O aplicado antes da semeadura, em um Latossolo Roxo distrófico. Barras com mesmas letras, no mesmo ano, não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste de Duncan.

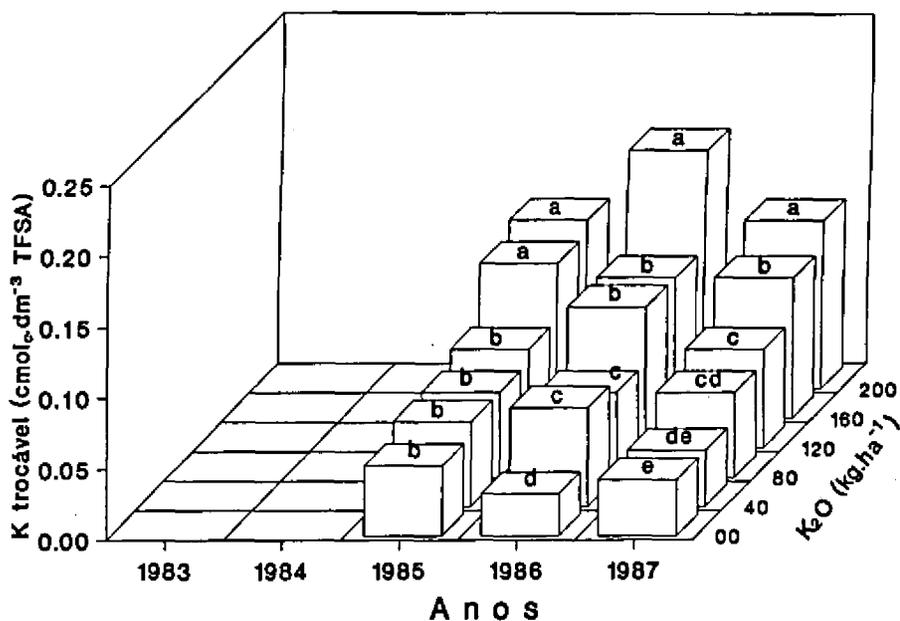


FIG. 2. Disponibilidade de potássio na profundidade de 20-40 cm, resultado da adição de doses anuais de K_2O aplicado antes da semeadura, em um Latossolo Roxo distrófico. Barras com mesmas letras, no mesmo ano, não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste de Duncan.

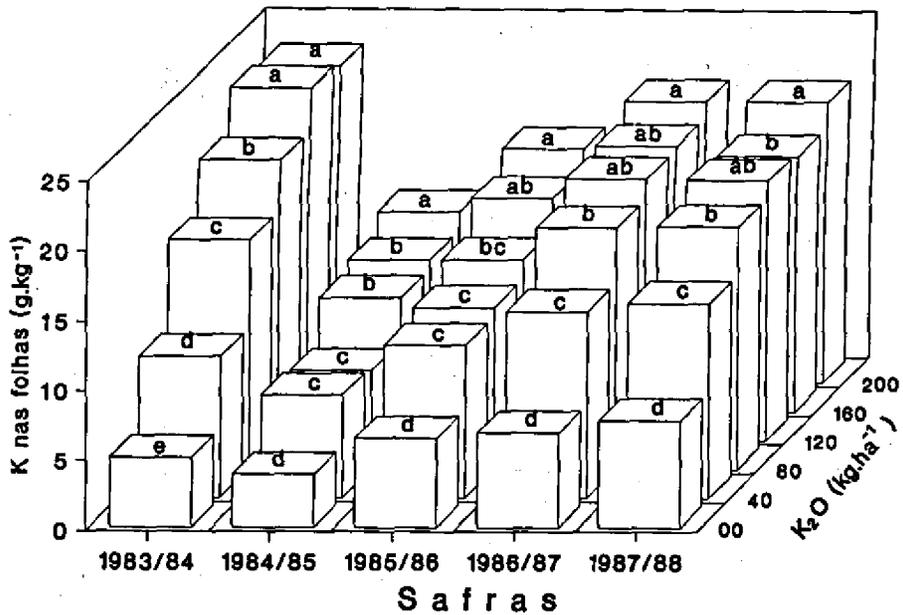


FIG. 3. Teor de potássio nas folhas de soja maduras e fisiologicamente ativas no início da floração, resultado da adição de doses anuais de K₂O aplicado antes da semeadura, em um Latossolo Roxo distrófico. Barras com mesmas letras, no mesmo ano, não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste de Duncan.

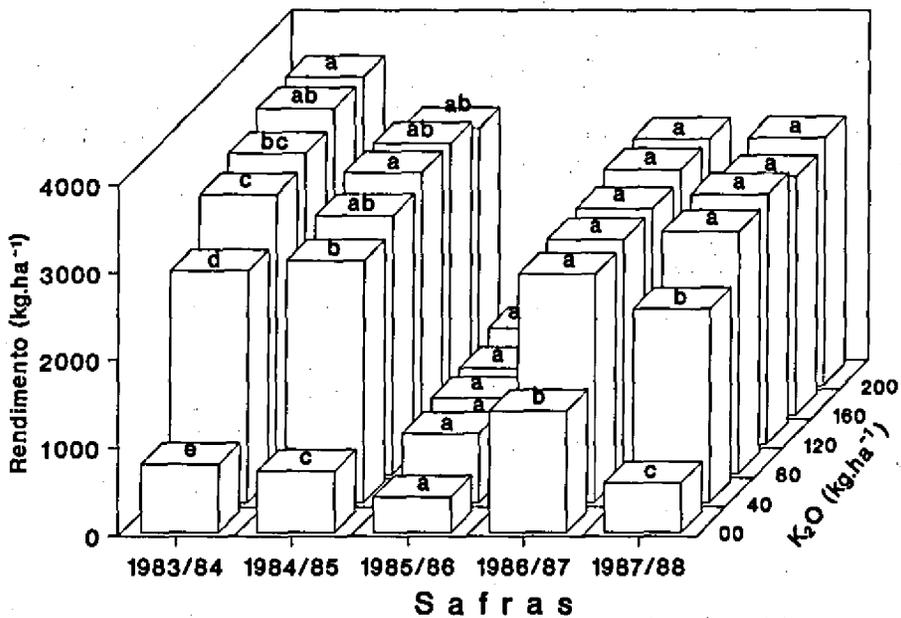


FIG. 4. Rendimento de grãos de soja em face da adição de doses anuais de K₂O, aplicado antes da semeadura, em um Latossolo Roxo distrófico. Barras com mesmas letras, no mesmo ano, não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste de Duncan.

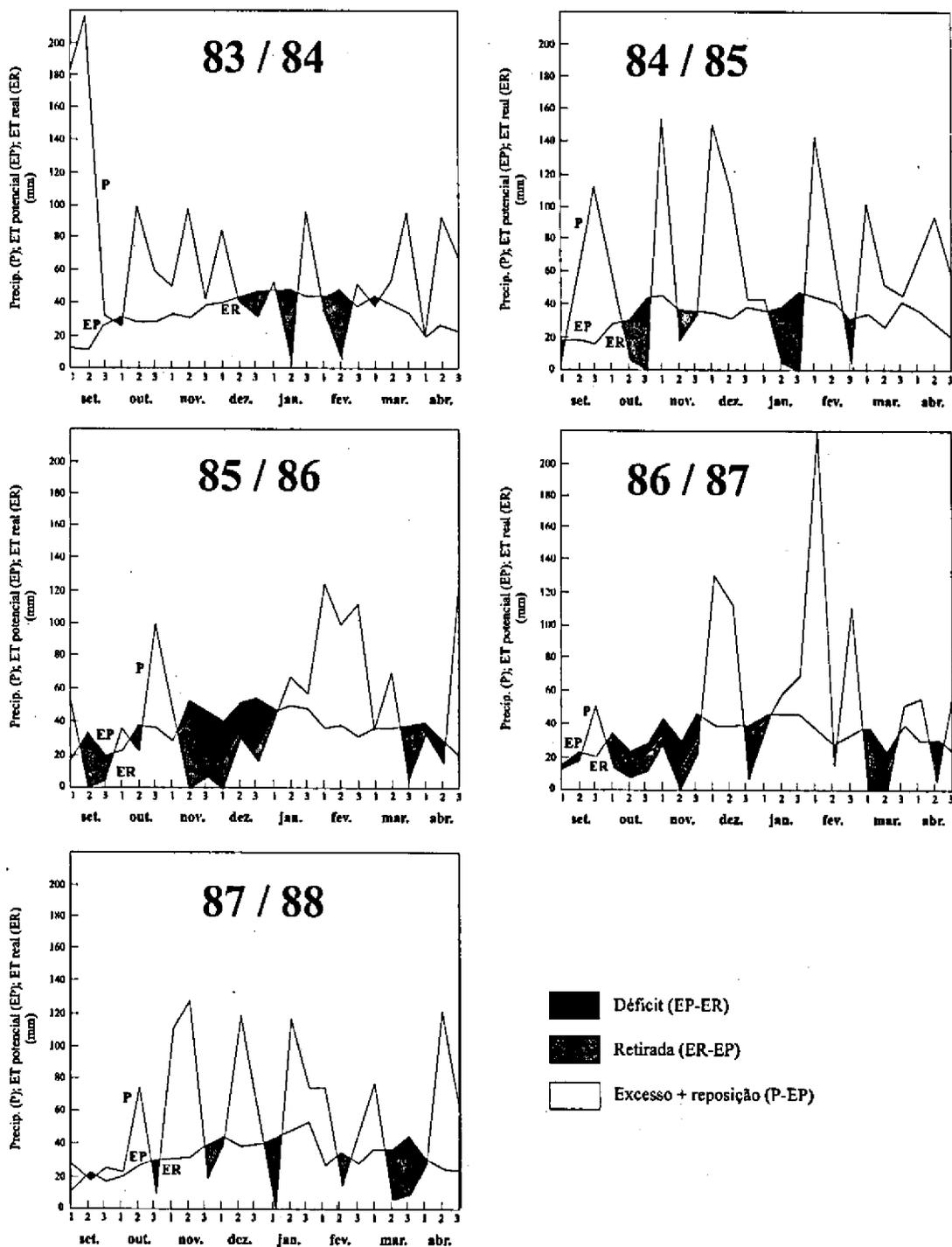


FIG. 5. Balanços hídricos decendiais da região de Mauá da Serra (PR) nos primeiros cinco anos de efeito acumulativo da adubação potássica; safras 1983/84 a 1987/88. Precipitação (P), evapotranspiração potencial (EP) e evapotranspiração real (ER), em mm.

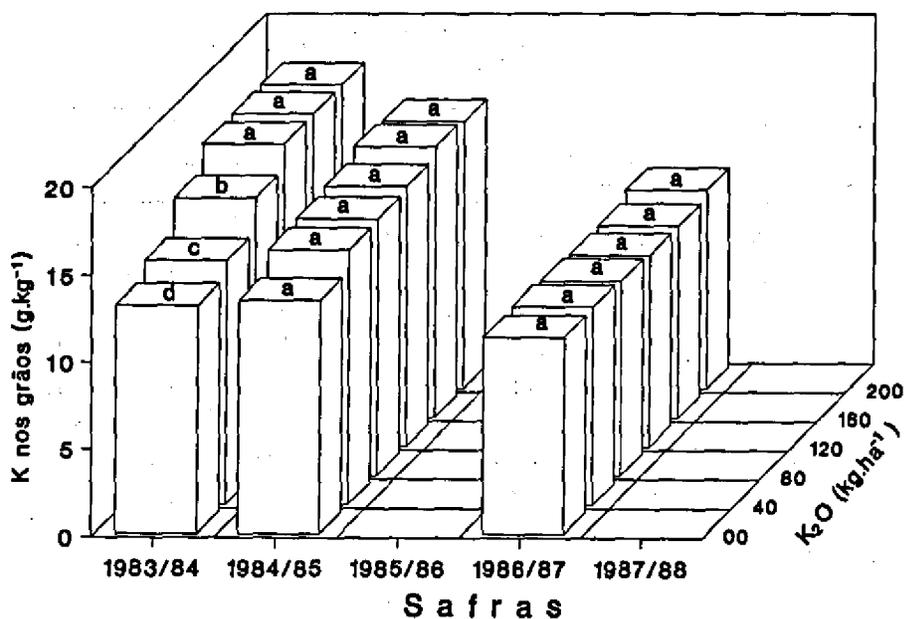


FIG. 6. Teor de potássio nos grãos da soja, resultado da adição de doses anuais de K_2O aplicado antes da semeadura, em um Latossolo Roxo distrófico. Barras com iguais letras, no mesmo ano, não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste de Duncan.

TABELA 3. Características químicas do Latossolo Roxo distrófico em Mauá da Serra, PR, em duas profundidades, nos anos de 1988 a 1992, antes de cada cultivo de soja. Médias de 48 parcelas¹.

Ano	Profundidade da amostragem (cm)	pH em $CaCl_2$	Cátions trocáveis				Saturação AL (%)	M.O. ($g\ kg^{-1}$)	P ($g\ kg^{-1}$)
			Al^{3+}	$H^+ + Al^{3+}$	Ca^{2+}	Mg^{2+}			
			————— (cmol _c dm ⁻³ de solo) —————						
1988	0-20	4,63	0,11	7,96	4,72	2,98	1,79	54,4	12,6
	20-40	4,25	0,38	10,28	2,22	1,77	9,46	41,9	3,8
1989	0-20	5,39	0,00	4,86	5,54	3,10	0,00	50,4	8,6
	20-40	4,56	0,18	7,29	2,46	1,96	4,26	32,4	1,5
1990	0-20	5,34	0,00	4,36	4,72	3,13	0,00	45,2	11,9
	20-40	4,62	0,09	6,36	2,97	1,92	2,20	39,0	2,8
1991	0-20	5,53	0,00	4,59	4,97	3,57	0,00	46,5	12,1
	20-40	4,77	0,08	6,85	2,67	1,83	2,02	34,3	2,3
1992	0-20	5,50	0,00	5,18	4,92	2,61	0,00	41,2	17,3
	20-40	4,81	0,08	7,09	3,21	1,91	2,02	36,0	3,4

¹ Extração: Al, Ca e Mg - KCl 1N; H-Al - correlação com pH SMP; %C - mistura de dicromato de potássio mais ácido sulfúrico; M.O. = %C x 0,17; P - Mehlich-1.

² pH em H_2O .

³ pH em $CaCl_2$.

TABELA 4. Teores de nutrientes em folhas¹ de soja. Médias de dois modos de aplicação do adubo e quatro repetições nos cultivos de 1988/89 a 1992/93, em Mauá da Serra, PR.

Totais ² de K ₂ O (kg/ha)	N	P	Ca	Mg	Zn	Mn	Fe	Cu
-----1988/89-----								
0	42,0	4,3	12,3	7,3	48	66	195	9,3
200	39,0	3,4	10,7	6,6	44	68	138	11,4
400	40,0	3,1	12,4	5,6	39	70	130	10,4
600	49,0	2,8	11,1	4,5	41	80	114	10,6
800	40,0	3,0	8,1	4,2	38	66	108	12,0
1000	40,0	3,0	8,6	3,6	36	62	107	9,6
-----1989/90-----								
0	48,0	4,4	13,6	7,7	30	60	409	8,9
200	47,0	4,5	11,6	7,7	31	62	441	12,1
400	48,0	4,5	13,7	7,0	30	65	269	9,6
600	50,0	4,9	11,0	5,7	29	55	211	10,0
800	49,0	4,6	11,0	4,8	33	60	116	12,1
1000	49,0	5,0	10,2	4,1	31	64	104	11,8
-----1990/91-----								
0	49,0	3,4	9,8	17,5	37	85	735	13
200	49,0	3,4	9,5	8,3	37	83	740	13
400	49,0	3,3	8,1	7,9	40	85	823	12
600	46,0	2,8	8,1	7,3	39	80	597	11
800	42,0	2,5	7,8	6,0	39	74	537	10
1000	41,0	2,3	7,2	5,1	38	74	352	10
-----1991/92-----								
0	55,0	4,6	11,4	8,3	28	72	414	13
200	54,0	4,7	10,7	8,1	29	64	354	13
400	55,0	4,7	11,3	6,9	30	73	338	14
600	54,0	4,6	10,4	8,1	30	72	328	14
800	54,0	4,5	10,4	7,9	31	68	410	14
1000	51,0	4,0	8,7	6,4	29	57	227	13
-----1992/93-----								
0	46,0	2,8	12,3	7,9	38	70	925	12
200	45,6	2,7	12,1	7,8	37	64	680	11
400	46,1	2,6	13,3	8,3	38	71	771	11
600	45,9	2,5	12,6	7,9	40	66	766	11
800	50,0	2,5	13,6	8,0	40	65	818	10
1000	48,8	2,7	9,3	7,0	38	59	690	10

¹ Folhas coletadas no início da floração, com amostras tomadas nas terceiras e quartas folhas trifolioladas do topo para baixo.

² Totais de potássio aplicados nos primeiros cinco anos do efeito acumulativo (1983 a 1987) na forma de cloreto de potássio antes da semeadura.

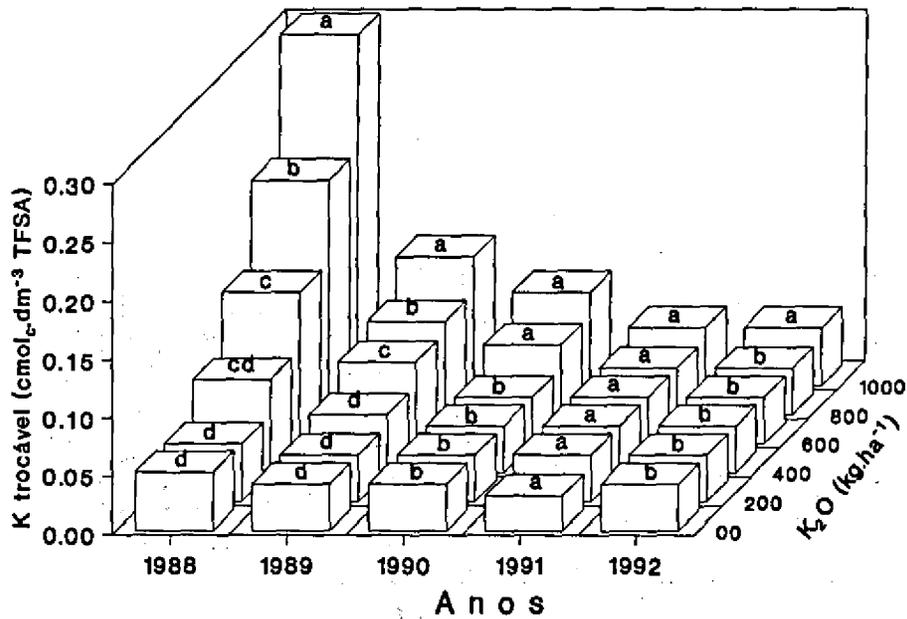


FIG. 7. Disponibilidade de potássio na profundidade de 0-20 cm, resultado do efeito residual da adição de doses anuais de K₂O aplicado nos primeiros 5 anos do efeito acumulativo (1983 a 1987), em um Latossolo Roxo distrófico. Barras com mesmas letras, no mesmo ano, não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste de Duncan.

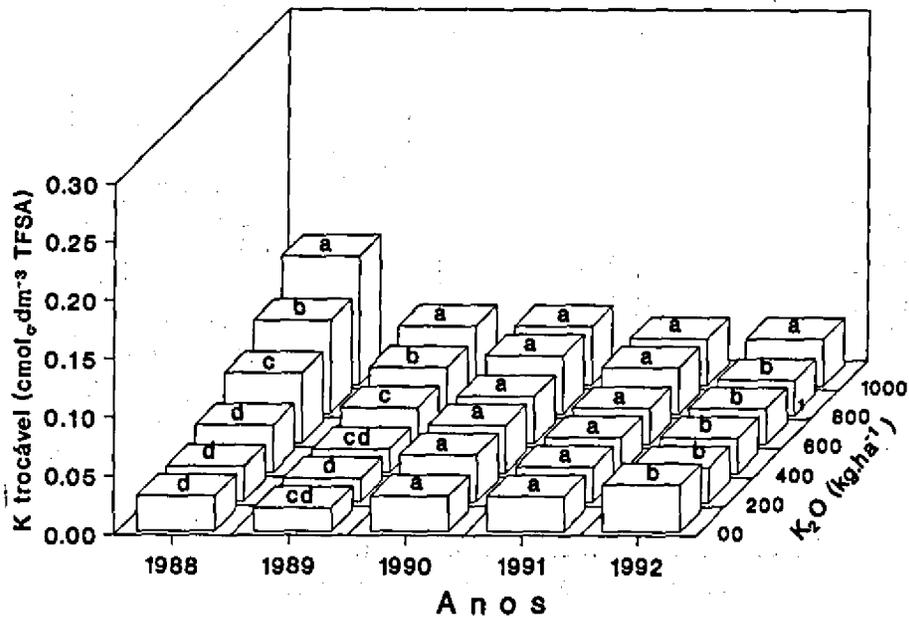


FIG. 8. Disponibilidade de potássio na profundidade de 20-40 cm, resultado do efeito residual da adição de doses anuais de K₂O aplicado nos primeiros 5 anos do efeito acumulativo (1983 a 1987), em um Latossolo Roxo distrófico. Barras com mesmas letras, no mesmo ano, não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste de Duncan.

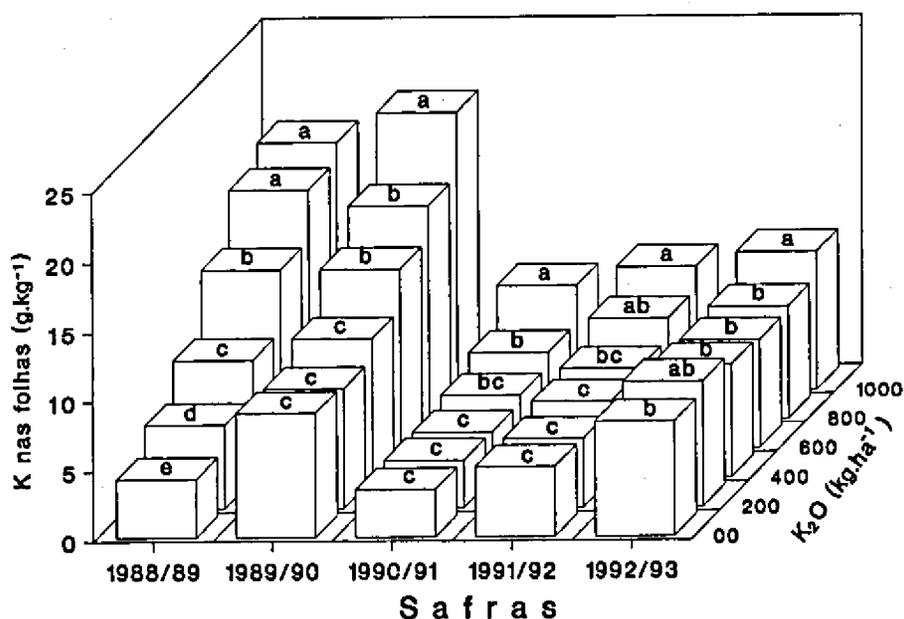


FIG. 9. Teor de potássio nas folhas de soja maduras e fisiologicamente ativas no início da floração, resultado do efeito residual da adição de doses anuais de K_2O aplicado os primeiros 5 anos do efeito acumulativo (1983 a 1987), em um Latossolo Roxo distrófico. Barras com letras iguais, no mesmo ano, não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste de Duncan.

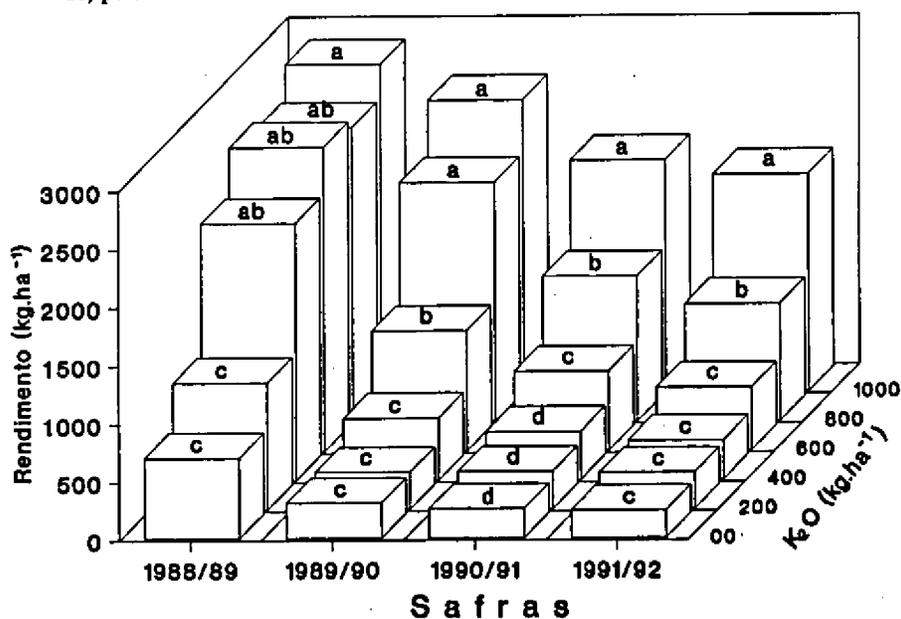


FIG. 10. Rendimento de grãos de soja, resultado do efeito residual da adição de doses anuais de K_2O aplicado nos primeiros 5 anos do efeito acumulativo (1983 a 1987), em um Latossolo Roxo distrófico. Barras com mesmas letras, no mesmo ano, não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste de Duncan.

Na Fig. 12 são apresentados os teores de K nos grãos colhidos no período de avaliação do efeito residual de adubação potássica. No primeiro ano, a limitação de suprimento de K às sementes, com menos de $15,0 \text{ g kg}^{-1}$ de K, estava restrita aos tratamentos zero, 40 e $80 \text{ kg de K}_2\text{O/ha/ano}$. Estas sementes apresentavam baixa qualidade fisiológica e sanitária,

e isto repetiu-se até o terceiro ano de avaliação do efeito residual. Nos dois últimos anos, o teor de K nas sementes baixou para menos do que $15,0 \text{ g kg}^{-1}$ de K em todos os tratamentos, como também piorou a qualidade da semente colhida (Borkert et al., 1989), com grãos enrugados e de tamanho menor do que o normal para a cultivar BR-16.

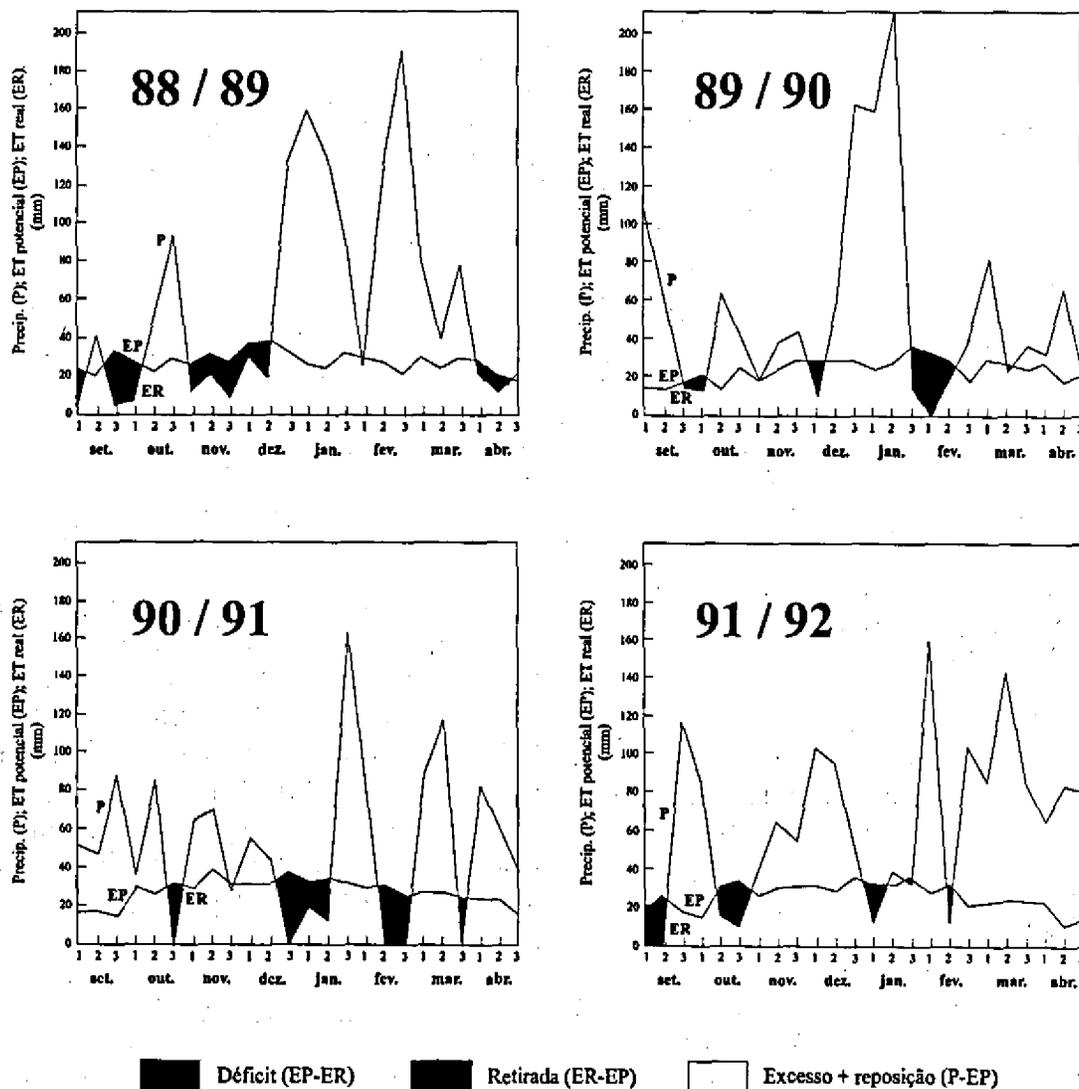


FIG. 11. Balanços hídricos decendiais na região de Mauá da Serra (PR), nos quatro anos de efeito residual da adubação potássica, safras 1988/89 a 1991/92. Não há dados do ano agrícola 1992/93. Precipitação (P), evapotranspiração potencial (EP) e evapotranspiração real (ER), em mm.

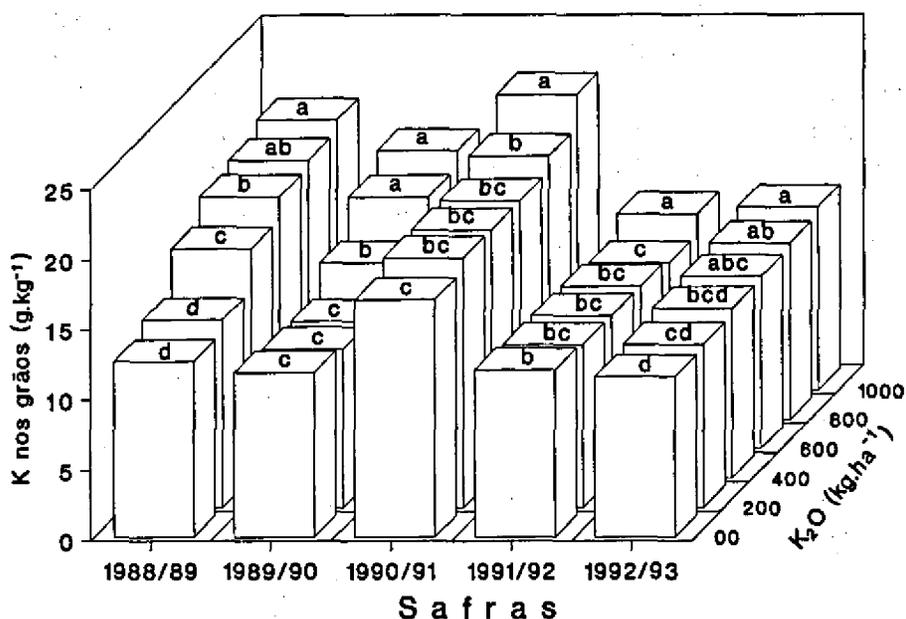


FIG. 12. Teor de potássio nos grãos da soja, resultado do efeito residual da adição de doses anuais de K_2O aplicado nos primeiros 5 anos do efeito acumulativo (1983 a 1987), em um Latossolo Roxo distrófico. Barras com mesmas letras no mesmo ano, não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste de Duncan.

CONCLUSÕES

1. Latossolo Roxo distrófico, com disponibilidade de K menor do que $0,10 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de terra fina seca ao ar não pode ser cultivado sem adubação corretiva e adubação de manutenção.

2. Para se obter, na sucessão soja-trigo, produtividade de 2.500 a 3.000 kg/ha de soja, é necessário aplicar adubação inicial de 150 a 200 kg de K_2O /ha, mais adubação de manutenção de 80 kg de K_2O /ha/ano.

3. Alta produtividade de soja está associada ao teor de K nas folhas acima de $17,1 \text{ g kg}^{-1}$.

4. Sintomas severos de deficiência de K e queda de produtividade estão associados a teores de K menores do que $12,5 \text{ g kg}^{-1}$ nas folhas do terço superior da soja, no início da floração.

5. Há grande probabilidade de haver limitação na produção de grãos quando houver seca antes da floração (mais de 15 dias) e os teores de K nas folhas estiverem entre $12,5$ e $17,0 \text{ g kg}^{-1}$ (fome oculta).

AGRADECIMENTOS

Ao Sr. Hélio Steiner, pela cessão da área por um longo período, para instalação deste experimento; aos funcionários do Laboratório de Análises Químicas do Solo e Tecido Vegetal, Nestor R. Miura, Nelson A. Simão, Moisés Aquino, Waldemar Oliveira Neto e Fábio R. Ortiz, pelas análises de solo e tecidos, e aos técnicos agrícolas, José Zucca de Moraes e Rubson N. O. Sibaldelli da Embrapa-CNPSO, pelo auxílio na condução dos experimentos no campo.

REFERÊNCIAS

- BORKERT, C.M.; COSTA, N.P. da; FRANÇA NETO, J. de B.; SFREDO, G.J.; HENNING, A.A. Potassium fertilization reduces disease and insect damage in soybeans. *Better Crops International*, Atlanta, v.3, n.2, p.3-5, 1987.

- BORKERT, C.M.; FARIAS, J.R.B.; SFREDO, G.J.; TUTIDA, F.; SPOLADORI, C.L. Resposta da soja à adubação e disponibilidade de potássio em Latossolo Roxo álico. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.32, n.11, p.1119-1129, 1997a.
- BORKERT, C.M.; FRANÇA NETO, J. de B.; HENNING, A.A. Potassium fertilization reduces seed infection by *Phomopsis* sp. and improves seed quality. In: WORLD SOYBEAN RESEARCH CONFERENCE, 4., 1989, Buenos Aires. *Proceedings...* Buenos Aires: Asociación Argentina de la Soja, 1989. p.2265-2275.
- BORKERT, C.M.; SFREDO, G.J.; FARIAS, J.R.B.; TUTIDA, F.; SPOLADORI, C.L. Resposta da soja à adubação e disponibilidade de potássio em Latossolo Roxo eutrófico. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.32, n.10, p.1009-1022, out. 1997b.
- BORKERT, C.M.; SILVA, D.N. da; SFREDO, G.J. Calibração de potássio nas folhas de soja em Latossolo Roxo distrófico. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.17, n.2, p.227-230, 1993a.
- BORKERT, C.M.; SILVA, D.N. da; SFREDO, G.J. Calibração de potássio trocável para a soja em Latossolo Roxo distrófico. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.17, n.2, p.223-226, 1993b.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Soja (Londrina, PR). *Recomendações técnicas para a cultura da soja na região central do Brasil 1994/95*. Londrina, 1994. 127p. (Embrapa-CNPSo. Documentos, 77).
- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). *Levantamentos de reconhecimento dos solos do Estado do Paraná*. Londrina: Embrapa-SNLCS/SUDESUL/IAPAR, 1984. 2t, 791p. (Embrapa-SNLCS. Boletim técnico, 27).
- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). *Manual de métodos de análises de solo*. Rio de Janeiro, 1979. v.1, 73p.
- ORGANIZAÇÃO DAS COOPERATIVAS DO ESTADO DO PARANÁ. *Recomendações técnicas para a cultura da soja no Paraná 1994/95*. Cascavel, 1994. 140p. (OCEPAR. Boletim técnico, 36; Embrapa-CNPSo. Documentos, 79).
- PALHANO, J.B.; MUZZILLI, O.; IGUE, K.; GARCIA, A.; SFREDO, G.J. Adubação fosfatada e potássica em cultura de soja no estado do Paraná. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.18, n.4, p.357-362, 1983.
- THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. The water balance. *Publications in climatology*, Centerton, New Jersey, v.8, n.1, p.1-104, 1955.