

ADUBAÇÃO POTÁSSICA DA SOJA EM LATOSSOLO VERMELHO-ESCURO FASE ARENOSA¹

CIRO A. ROSOLEM², JOÃO NAKAGAWA² e JOSÉ R. MACHADO³

RESUMO - Durante três anos foi conduzido um experimento em Latossolo Vermelho-Escuro fase arenosa, no qual foram estudados os efeitos de adubações anuais com 0, 40, 80, 160 e 240 kg/ha de K₂O, nas formas de cloreto de potássio e sulfato de potássio, aplicados no sulco de semeadura ou em área total com incorporação. Observou-se resposta à adubação potássica a partir do segundo ano de cultivo. As máximas produções sempre estiveram associadas a teores de potássio nas folhas acima de 1,5%. Em anos mais secos que o normal, as aplicações a lanço proporcionaram melhores resultados do que as aplicações em sulcos. Não foram observadas diferenças entre as fontes de potássio utilizadas. Notou-se acentuado decréscimo nos teores de potássio trocável do solo, com o transcorrer do tempo, sendo necessária a aplicação de doses maiores que 80 kg/ha de K₂O por ano para manter o nível original. Por outro lado, a aplicação de doses elevadas de potássio levou a uma perda significativa do nutriente por lixiviação.

Termos para indexação: *Glycine max*, potássio, fontes, modo de aplicação, níveis no solo, níveis na planta, lixiviação.

SOYBEAN POTASSIC FERTILIZATION IN A DARK-RED LATOSOL SANDY LOAM

ABSTRACT - During three years, an experiment was carried out in a Dark-Red Latosol (sandy loam) to study the effects of annual applications of 0, 40, 80, 160 and 240 kg/ha of K₂O as potassium chloride and potassium sulphate, applied in the seed rows or spread and incorporated. There was a yield increase due to potassium fertilization since the second year. Maximum yields were associated to potassium levels in the leaves above 1.5%. In drier than normal years, the spreading applications led to better results than row applications. There were no differences between potassium sources. A decrease in exchangeable potassium levels in the soil was observed; for this reason, the application of doses bigger than 80 kg/ha of K₂O a year was considered necessary to maintain the original potassium level. On the other hand, the fertilization with higher potassium doses led to a significant loss of potassium by leaching.

Index terms: *Glycine max*, potassium, sources, way of application, levels in the soil, leaf contents, leaching.

INTRODUÇÃO

O potássio é o nutriente absorvido em maior quantidade pela soja, depois do nitrogênio (Bataglia & Mascarenhas 1977). Mesmo assim não se tem observado resposta da soja ao potássio com alta frequência (Mascarenhas et al. 1982). Sem dúvida, uma das razões para o estabelecimento desta situação é o fato de que, no Estado de São Paulo, segundo Gargantini et al. (1970), 99% da área apresenta solos com teores médios ou altos (> 0,12 meq/100 g) de potássio, condição em que a soja não responde à adubação potássica (Rajj & Mascarenhas 1976).

Entretanto, tem sido demonstrado, em experimentos de longa duração, que, em solos intemperizados, em função do baixo teor de potássio estrutural, verifica-se uma acentuada queda no teor de potássio trocável, após os primeiros anos de cultivo (Borkert et al. 1975, Mielniczuk 1978).

De fato, em alguns locais em que se obteve resposta nula ou pequena ao potássio no primeiro ano de cultivo, no segundo ou no máximo terceiro ano, as respostas foram bem evidentes (Campos et al. 1981, Muzilli 1982).

Por outro lado, tem sido levantada a possibilidade de ocorrência de toxidez de cloro na soja adubada com KCl (Mascarenhas et al. 1976 e 1982).

No presente trabalho, objetivou-se o estudo dos efeitos de doses de adubos potássicos em adubações anuais, a lanço ou no sulco de semeadura, por três anos, sobre a produção de soja e sobre alguns aspectos do potássio como nutriente no solo.

¹ Aceito para publicação em 18 de abril de 1984.

Trabalho financiado parcialmente pelo Instituto Internacional de Potassa/Instituto de Potassa e Fosfato (IIP/IPF).

² M.Sc., Dr., Livre-Docente, Prof.-Adj., Dep. de Agric. e Silvíc. UNESP/FCA, CEP 18600 Botucatu, SP. Com bolsa do CNPq.

³ M.Sc. Dr., Prof.-Assist., UNESP/FCA/DAS.

MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi conduzido em campo, em Latossolo Vermelho-Escuro fase arenosa, no município de São Manuel, SP. O solo apresentou, inicialmente, as características físicas e químicas apresentadas na Tabela 1.

Foi utilizada a cultivar IAC-4, de ciclo longo.

Anualmente, foram aplicadas doses de 0, 40, 80, 160 e 240 kg/ha de K_2O , nas formas de cloreto de potássio e sulfato de potássio, em área total, com incorporação com grade, a 15 cm ou no sulco de semeadura, ao lado e abaixo das sementes. O experimento foi instalado sempre sobre a mesmas parcelas, distribuídas fatorialmente em blocos ao acaso, com quatro repetições. Cada parcela constou de cinco linhas de soja, espaçadas por 0,50 m e com 5 m de comprimento. Foram considerados como área útil da parcela os 4 m centrais das três linhas internas da parcela. As parcelas foram locadas à distância de 1,50 m uma da outra. Entre os blocos foram feitos camalhões de terra, com o objetivo de evitar contaminações.

Foram realizadas duas calagens de 1,5 t/ha de calcário dolomítico, antes da primeira e da segunda semeadura, procurando-se fornecer Ca e Mg como nutrientes. Anualmente, foi aplicada a dose de 100 kg/ha de P_2O_5 , na forma de superfosfato triplo, distribuído a lanço e incorporado a 15 cm com grade.

Anualmente, foram coletadas amostras de terra de todas as parcelas, na profundidade 0 cm - 20 cm, após a colheita do ano e antes da próxima semeadura. No terceiro ano, foi também amostrada a profundidade 20 cm - 40 cm.

Em outubro de 1979, foram tomadas amostras de terra, até 1 m de profundidade, a intervalos de 20 cm, das parcelas que vinham recebendo os adubos a lanço e das testemunhas.

Na época do florescimento, anualmente, foram amostradas 20 folhas trifoliadas, da terceira posição, a contar do ápice, de cada parcela, para a diagnose foliar.

As semeaduras foram efetuadas em 28.11.1977, 10.11.1978 e 10.11.1979, e as colheitas, em 10.05.1978, 30.04.1979 e 06.05.1980.

RESULTADOS

Produção

Nas Fig. 1, 2 e 3, encontram-se os resultados obtidos nos três anos de condução do experimento.

No primeiro ano, não ocorreu diferença estatisticamente significativa entre as fontes de potássio, mas quando o cloreto de potássio foi aplicado em sulco, principalmente nas maiores doses, as produções de soja foram menores (Fig. 1). Neste ano houve resposta às doses de potássio aplicadas, e os teores médios de K nas folhas foram de 2%.

No segundo ano de cultivo, já estava estabeleci-

do um gradiente de potássio no solo (Fig. 2), independentemente do modo de aplicação e da fonte de adubo utilizada. Da mesma forma, foi notado um gradiente de concentração de K nas folhas, com reflexos na produção de grãos, embora não se tenha observado visualmente a deficiência de potássio. Neste ano, ocorreu resposta ao fertilizante aplicado, independentemente da fonte utilizada, mas quando a aplicação foi a lanço, conseguiu-se produtividade maior do que com a aplicação em sulcos. Com aplicação a lanço, a soja respondeu

TABELA 1. Características físicas e químicas do solo.

Químicas		Físicas	
pH	5,50	grossa	8,4%
MO%	0,6	Areia média	42,4%
P $\mu\text{g/ml}$	9	fina	37,6%
K $\mu\text{g/ml}$	62		
Ca meq/100 g	0,8		
Mg meq/100 g	0,5	Limo	2,5%
Al meq/100 g	0,3	Argila	9,1%
H meq/100 g	1,8		

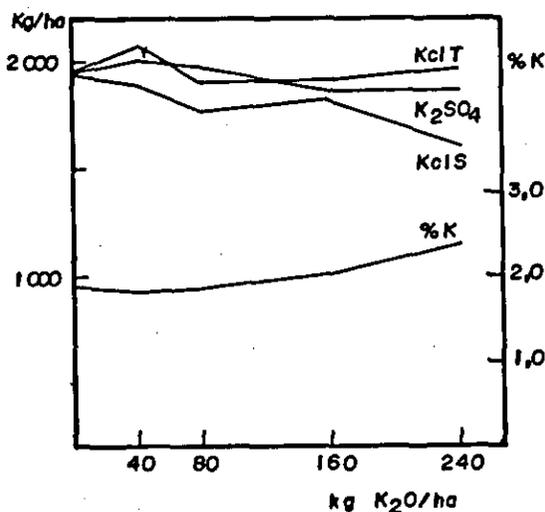


FIG. 1. Produção de soja e teor de potássio nas folhas em função de fontes e modos de aplicação de potássio, no primeiro ano. K_2SO_4 ; média de modos de aplicação; KCl T: aplicação a lanço; KCl S; aplicação em sulco.

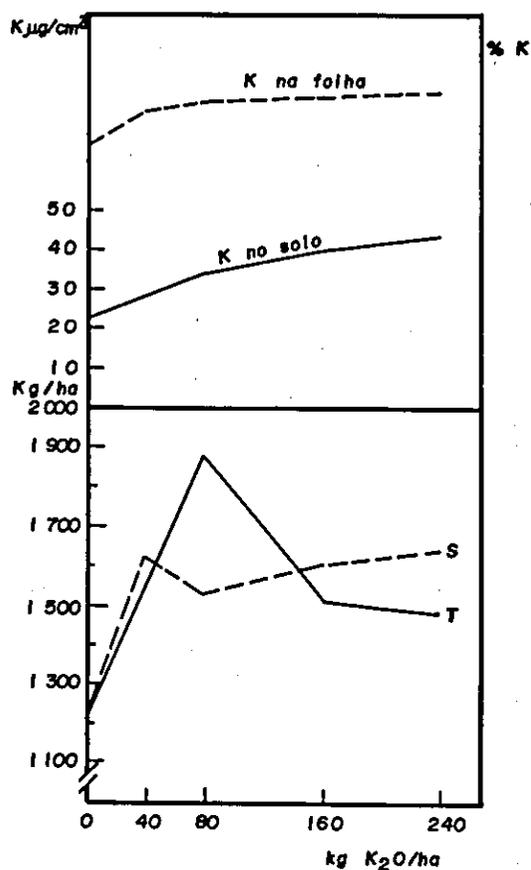


FIG. 2. Produção de soja, teores de potássio nas folhas e no solo, em função de doses e modo de aplicação de potássio, no segundo ano. T: aplicação a lanço; S: aplicação em sulcos.

até a 80 kg de K_2O/ha e em sulcos, até 40 kg de K_2O/ha (Fig. 2).

Os resultados obtidos no terceiro ano encontram-se na Fig. 3. A referida figura mostra que foi acentuado o gradiente de potássio no solo em relação ao ano anterior, não tendo ocorrido diferença significativa em função do modo de aplicação e das fontes de potássio utilizadas e tampouco interação destes fatores.

Em função das doses de K_2O aplicadas, ocorreu lixiviação do potássio pelo menos até a profundidade de 20 cm - 40 cm. Novamente, em função das doses de fertilizante, notou-se um gradiente de concentração de potássio nas folhas de soja, inde-

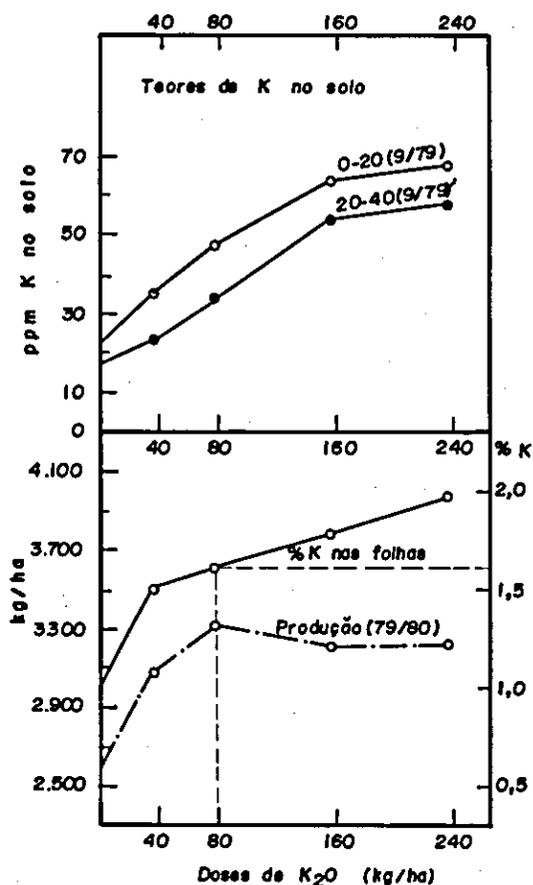


FIG. 3. Produção de soja, teores de potássio nas folhas e no solo, em função de doses de potássio, no terceiro ano.

pendente do modo de aplicação e das fontes utilizadas. Com relação à produção de grãos, somente foi significativo o efeito de doses, havendo resposta até a aplicação anual de 80 kg de K_2O/ha , independentemente da fonte ou do modo de aplicação do adubo (Fig. 3).

A Tabela 2 mostra que os teores de Ca, Mg, Fe e Zn nas folhas de soja sempre estiveram na faixa considerada suficiente, ao passo que os teores de Mn mostraram-se altos e os teores de enxofre, baixos em alguns casos.

Neste ano, no estágio de pré-florescimento, foram notados sintomas típicos de deficiência de potássio relativamente severos, nas parcelas sem adu-

TABELA 2. Teores de alguns nutrientes nas folhas de soja em função de doses* de adubos potássicos.

K ₂ O	Ca	Mg	S	Fe	Mn	Zn
kg/ha	%			ppm		
			Primeiro ano			
0	2,50 S**	0,42 S	0,35 S	80 S	217 A	38 S
40	2,50 S	0,40 S	0,37 S	93 S	142 A	38 S
80	2,30 S	0,36 S	0,37 S	99 S	129 A	38 S
160	2,26 S	0,35 S	0,42 S	96 S	152 A	37 S
240	2,21 S	0,37 S	0,43 S	91 S	167 A	38 S
			Segundo ano			
0	1,06 S	0,38 S	0,20 B	219 S	118 A	34 S
40	1,04 S	0,35 S	0,22 B	183 S	126 A	34 S
80	0,97 S	0,32 S	0,22 B	175 S	143 A	33 S
160	0,89 S	0,30 S	0,22 B	176 S	142 A	34 S
240	0,68 S	0,29 S	0,22 B	172 S	128 A	34 S
			Terceiro ano			
0	1,50 S	0,49 S	0,23 B	-	113 A	-
40	1,45 S	0,42 S	0,23 B	-	138 A	-
80	1,31 S	0,37 S	0,25 S	-	150 A	-
160	1,21 S	0,33 S	0,23 B	-	139 A	-
240	1,28 S	0,32 S	0,21 B	-	163 A	-

* Cada valor representa a média sobre modos de aplicação e fontes uma vez que não houve diferença estatisticamente significativa devido a estes fatores.

** S - suficiente; B - baixo; A - alto, segundo dados compilados por Rosolem (1982).

bação potássica, e leves, nas parcelas que vinham recebendo 40 kg/ha de K₂O anualmente, independentemente do modo de aplicação de adubo e das fontes utilizadas.

Potássio no solo

Na Fig. 4, encontram-se os teores de potássio extraível na camada 0 cm - 20 cm, em função das doses de adubo empregadas, durante o transcorrer do experimento. Pode-se notar pela referida figura que, nas parcelas sem adubação potássica, ocorreu uma queda brusca nos níveis do nutriente no solo desde o primeiro ano de cultivo. Para que fosse mantido o nível original, foi necessária a aplicação de 160 kg de K₂O/ha/ano.

Por outro lado, a Fig. 5 mostra que ocorreu lixiviação do potássio no solo, e que essa lixiviação foi proporcional à dose de adubo aplicada. No caso da utilização do sulfato de potássio, a lixiviação foi bem menos intensa do que no caso do emprego do cloreto de potássio.

DISCUSSÃO

A falta de resposta da soja ao potássio aplicado tem sido explicada de diversas maneiras, levantando-se hipóteses sobre a maior eficiência de absorção (Reid & York 1965) e aproveitamento de reservas não prontamente disponíveis (Pesek 1968, Mascarenhas et al. 1981).

O solo em que foi conduzido o presente trabalho, por suas características físicas e mineralógicas, provavelmente, possui baixo poder tampão de potássio, condição em que é rápida a exaustão, ocorrendo a deficiência logo após os primeiros cultivos (Borkert et al. 1975, Mielniczuk 1978, Souza et al. 1979). Realmente, foi isso que ocorreu, pois, já no segundo ano de cultivo, foi notada resposta da soja ao fertilizante aplicado. Este fato, aliado ao gradiente de potássio que se estabeleceu no solo em função das doses utilizadas, demonstra que, no presente caso, não parece ter ocorrido o aproveitamento de reservas não prontamente dis-

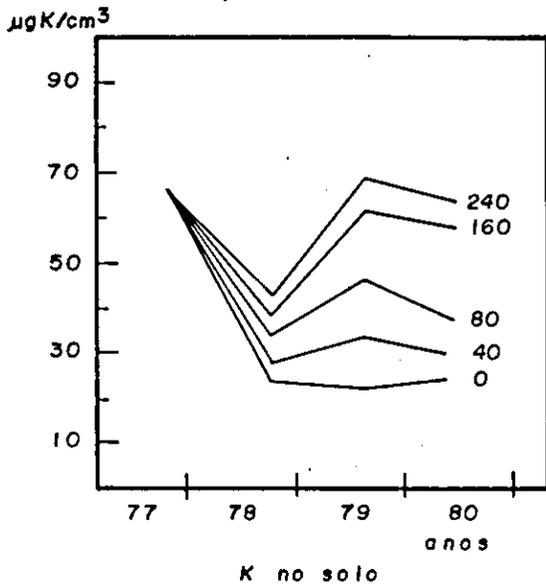


FIG. 4. Evolução dos níveis de potássio no solo em função de adubações e cultivos sucessivos com soja.

poníveis do nutrientes, provavelmente, em função do baixo poder tampão de potássio do solo.

O resultado obtido no presente trabalho está perfeitamente de acordo com resultados obtidos em outras regiões do Brasil (Campos et al. 1981, Muzilli 1982).

Embora o trabalho não tenha sido delineado com o objetivo específico de calibração, os resultados obtidos mostram ser temerária a sugestão feita por Mascarenhas et al. (1981, 1982) segundo a qual, para efeito de recomendação de adubação, para cultivares tardias, o nível crítico poderia ser estabelecido em 32 $\mu\text{g}/\text{ml}$ de TFSA, pois as produções máximas obtidas sempre estiveram relacionadas a teores de K extraível acima de 35 $\mu\text{g}/\text{ml}$, mais a aplicação de 40 ou 80 kg/ha de K_2O , independentemente da fonte do nutriente ou do modo de aplicação. As máximas produtividades estiveram ainda associadas a teores de K nas folhas superiores a 1,5%. Nos casos em que solo se mostrou mais pobre em potássio, a análise foliar revelou exatamente a deficiência, que teve reflexos na produção de grãos mesmo antes de ser notada visualmente. Desta forma, a produtividade de uma

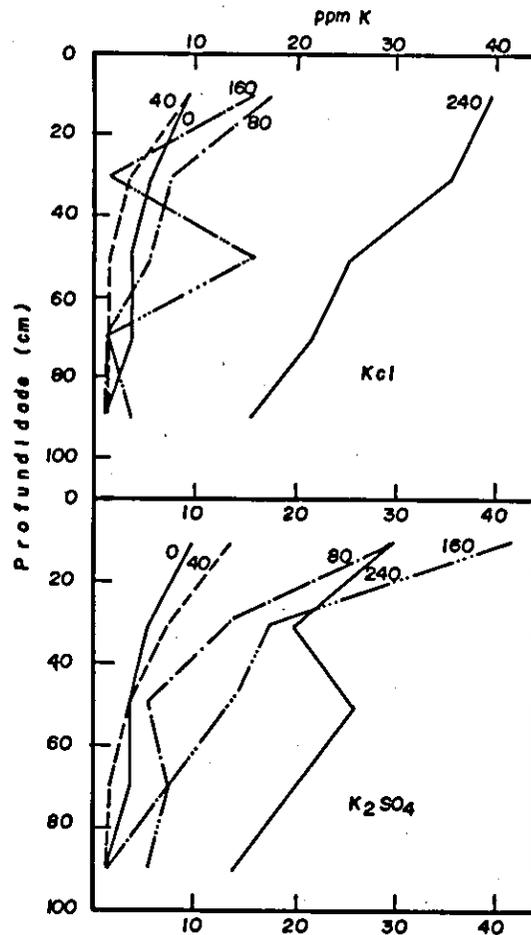


FIG. 5. Níveis de potássio no perfil do solo em função de doses e fontes de potássio, após dois anos de condução do experimento.

cultura de soja pode ser prejudicada pela deficiência de potássio mesmo que não se observem sintomas visuais.

Segundo Mascarenhas et al. (1982), freqüentes adubações com doses elevadas de cloreto de potássio podem induzir o aparecimento de sintomas de toxidez, caracterizados por queima dos bordos das folhas pelo íon cloro. No presente trabalho, ocorreu o aparecimento esporádico de tal sintoma, no primeiro e segundo cultivos, feitos em anos mais secos que o normal (Fig. 6), mas a ocorrência da anomalia não esteve relacionada a doses e/ou fonte do adubo potássico.

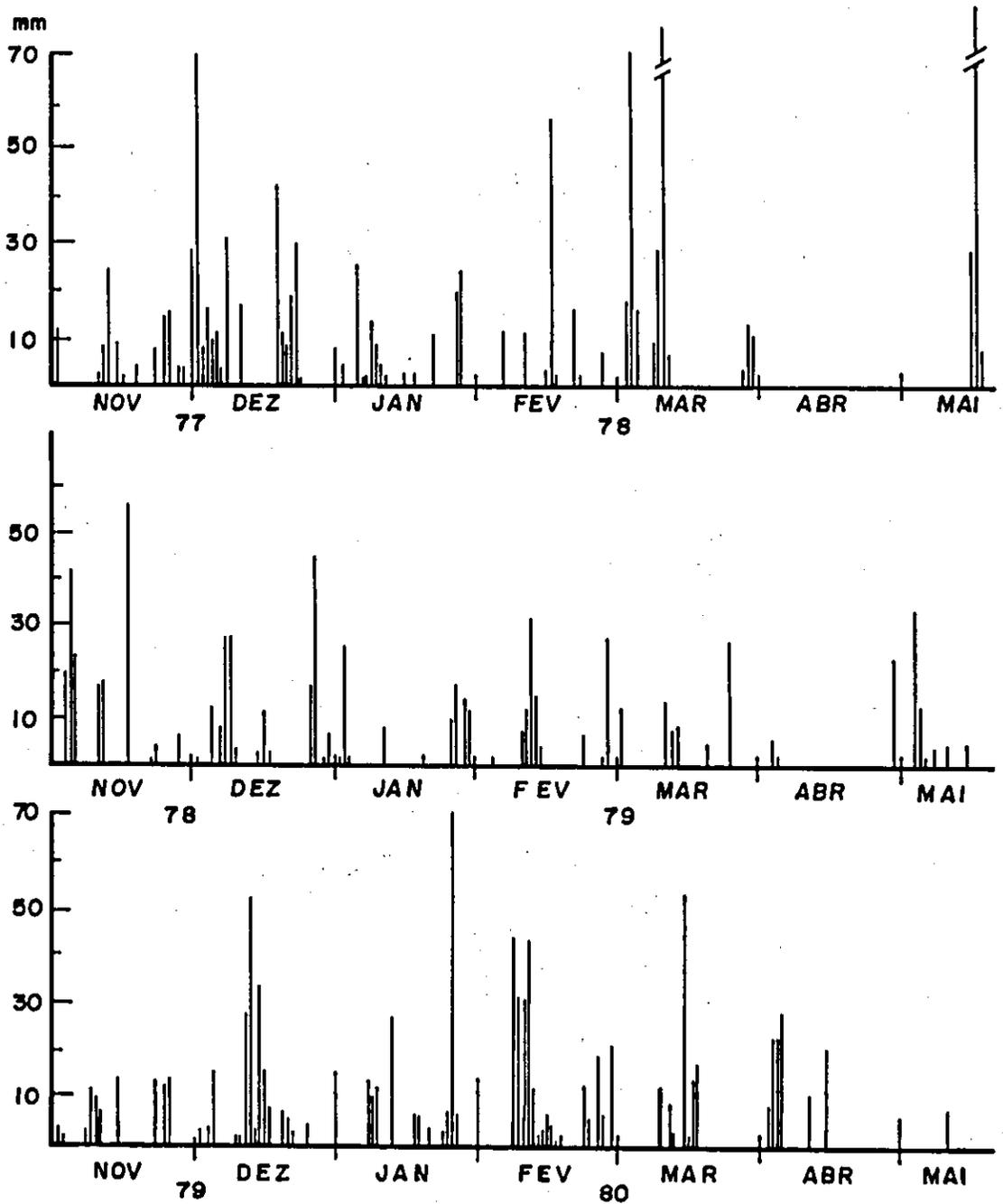


FIG. 6. Precipitações ocorridas durante a condução do ensaio.

As interações observadas no primeiro e segundo cultivo podem guardar relação com as precipitações (Fig. 6), uma vez que estes anos foram mais secos que o normal para a região, oferecendo condições favoráveis à ocorrência de salinidade, quando o KCl, no primeiro ano, e as duas fontes, no segundo, proporcionaram melhores resultados com aplicação a lanço.

Embora tenha sido demonstrada grande influência do ânion e da calagem na lixiviação de potássio do solo (Ritchey et al. 1980, Defelipo & Braga 1983), os resultados obtidos na camada 0 cm - 20 cm, e apresentados na Fig. 5, não evidenciaram este efeito, pois não ocorreu efeito do modo de aplicação ou da fonte de potássio sobre os teores do nutriente na camada arável do solo. A referida figura mostra que foi necessária a aplicação de doses anuais superiores a 80 kg/ha de K_2O para a manutenção do nível de fertilidade do solo. Este resultado, se comparado a culturas comerciais, está exagerado, uma vez que toda a vegetação da parcela útil foi retirada do local do ensaio, e as plantas inteiras, inclusive com os grãos, das bordaduras que foram incorporadas ao solo, não conseguiram compensar o potássio exportado pelas hastes de soja.

Por outro lado, conforme pode ser visualizado na Fig. 5, doses maiores que 80 kg/ha/ano de K_2O levam à intensa lixiviação do nutriente, que foi amenizada quando a fonte foi o sulfato de potássio. Este resultado está perfeitamente de acordo com a literatura (Ritchey et al. 1980). Entretanto, esta melhor distribuição do potássio no perfil do solo não levou à obtenção de melhores produtividades de soja.

Com relação à nutrição da planta, embora as doses de potássio tenham prejudicado a absorção de Ca e Mg, os teores destes nutrientes sempre estiveram na faixa de suficiência. Embora os teores de S se mostrassem baixos no segundo e terceiro ano, quando comparados ao padrão existente (Rosolem 1982), eles não estiveram deficientes, uma vez que não foi observada resposta ao S do sulfato de potássio, não ocorrendo diferença entre as fontes do nutriente. Os teores de Mn mostraram-se altos, mas não tóxicos, o que pode ser inferido em função da produtividade obtida, que, no terceiro ano,

foi alta, e nos dois primeiros anos, foi prejudicada pela insuficiência de água (Fig. 6).

CONCLUSÕES

1. Não foram observadas, nos três anos de estudo, diferenças entre as fontes de potássio utilizadas com relação à produção de grãos de soja.

2. Com o transcorrer do tempo e dos cultivos, notou-se acentuado decréscimo nos teores de potássio trocável do solo.

3. Para manter o teor de potássio no solo foi necessária a aplicação de doses maiores do que 80 kg/ha/ano de K_2O .

4. A aplicação de doses elevadas de potássio levou a uma perda significativa do nutriente por lixiviação.

5. A partir do segundo ano de cultivo, observou-se resposta ao adubo aplicado. As máximas produções estiveram associadas a teores de potássio nas folhas acima de 1,5%.

REFERÊNCIAS

- BATAGLIA, O.C. & MASCARENHAS, H.A.A. Absorção de nutrientes pela soja. Campinas, Inst. Agron., 1977. 36p. (Boletim Técnico, 41).
- BORKERT, C.M.; SIQUEIRA, C.J.F.; KOCHAN, R.A.; BARTZ, H.R.; SCHOLLES, D. & MARTINI, T.A. Considerações sobre o efeito de cultivos de trigo e soja na disponibilidade de potássio nativo em alguns solos do planalto do Rio Grande do Sul. In: REUNÃO CONJUNTA DE PESQUISA DE SOJA, 3., Porto Alegre, RS, 1975. Soja; resultados de pesquisa obtidos em Passo Fundo em 1974/75. Porto Alegre, s.ed., 1975.
- CAMPOS, R.J.; LANTMAN, A.F.; PALHANO, J.B.; SFREDO, J. & BORKERT, C.M. Efeito de doses e modos de aplicação de cloreto de potássio sobre o rendimento da soja. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de pesquisa de Soja, Londrina, PR. Resultados de pesquisa 1980/81. Londrina, 1981.
- DEFELIPO, B.V. & BRAGA, J.M. Influência da calagem e fontes de potássio na adsorção de potássio em Latossolos de Minas Gerais. R. bras. Ci. Solo, 7:119-22, 1983.
- GARGANTINI, H.; COELHO, F.A.S.; VERLENGIA, F. & SOARES, E. Levantamento de fertilidade dos solos do Estado de São Paulo. Campinas, Instituto Agrônomo, 1970. 32p. Mimeografado.

- MASCARENHAS, H.A.A.; HIROCE, R. & BRAGA, N. R. Cloreto de potássio para soja. *Bragantia*, 35: 125-8, 1976. (Nota, 25).
- MASCARENHAS, H.A.A.; VALADARES, J.M.A. da S.; ROTTA, 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*, 40:125-34, 1981.
- MASCARENHAS, H.A.A.; BRAGA, N.R.; MIRANDA, M.A.C.; TISSELI FILHO, O. & MIYASAKA, J. Calagem e adubação. In: A SOJA no Brasil Central. 2.ed. s.l. Fundação Cargill, 1982. p.137-211.
- MIELNICZUK, J. O potássio no solo. Piracicaba, IPF/IIP, 1978. 80p. (Boletim Técnico, 2).
- MUZILLI, O. Nutrição e adubação potássica da soja no Brasil. In: POTÁSSIO na agricultura brasileira. Piracicaba, IPF/IIP, 1982.
- PESEK, J. Potassium nutrition of soybeans and corn. In: KILMER, U.J.; YOUNTS, J.E. & BRADY, N.C., eds. *The role of potassium in agriculture*. Madison, Am. Soc. Agron., 1968. p.447-68.
- RAIJ, B. van & MASCARENHAS, H.A.A. Calibração de potássio e fósforo em solo para soja. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 15, Sta. Maria, 1976. *Anais . . .* Sta. Maria, SBCE, 1976. p.309-15.
- REID, P.H. & YORK, E.T. The relative growth and potassium absorption by four crops under intensive cultivation in a limited volume of soil. *Proc. Soil Sci. Soc. Am.*, 19:481-3, 1965.
- RITCHEY, K.D.; SOUZA, D.M.G.; LOBATO, E. & CORREIA, O. Calcium leading to increase rooting depth in a Brazilian Savannah Oxisol. *Agron. J.*, 72: 40-44, 1980.
- ROSOLEM, C.A. Nutrição mineral e adubação da soja. Piracicaba, IPF/IIP, 1982. 80p. (Boletim Técnico, 6).
- SOUZA, D.M.G. de; RITCHEY, K.D.; LOBATO, E. & GOEDERT, W.J. Potássio em solo de cerrado. II. Balanço no solo. *R. bras. Ci. Solo*, 3:33-6, 1979.