

DOSES E MÉTODOS DE DISTRIBUIÇÃO DE CLORETO
DE POTÁSSIO NA CULTURA DA SOJA (*Glycine max* (L.) Merrill)
EM LATOSSOLO ROXO *

T. YAMADA **
H.P. HAAG ***

RESUMO

A pesquisa constou de um ensaio de campo e de um teste de incubação, em laboratório, com os seguintes objetivos:

- a. estudar efeitos de doses crescentes e métodos de aplicação de cloreto de potássio, na produção e na composição foliar de soja;
- b. observar alterações químicas no solo incubado com doses crescentes de cloreto de potássio;
- c. correlacionar efeitos de campo, com alterações químicas observadas no teste de incubação.

* Parte da dissertação do primeiro autor apresentada a ESALQ USP, Piracicaba. Entregue para publicação em 29/04 / 1981.

** Instituto da Potassa (EUA/Suíça), Piracicaba, SP.

*** Departamento de Química, E.S.A. "Luiz de Queiroz", USP.

O ensaio de campo foi instalado em um Latos solo Roxo, utilizando-se de cultivar de soja UFR-1. O cloreto de potássio foi aplicado de duas maneiras: em sulco 5 cm abaixo e 5 cm ao lado da linha de semeadura e em área total, à lanço e incorporado na profundidade de aração.

As doses testadas foram: 0, 50, 100 e 200 kg/ha de K_2O . No florescimento, foi feita a amostragem foliar.

O teste de incubação constou da incubação de amostras de 2 kg de TFSA proveniente da camada arável do ensaio de campo, com as seguintes doses: 0, 50, 100, 200, 400, 800, 1600, 3200, 6400 e 12.800 kg/ha de K_2O , utilizando-se como fonte o cloreto de potássio p.a.

Conclusões:

- a. não houve resposta na produção da soja, às doses de cloreto de potássio, tanto aplicadas em sulco ou em lanço;
- b. a análise foliar não acusou nenhuma influência dos tratamentos nos teores foliares em nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e cloro;
- c. não foi observado efeito salino causado pelo cloreto de potássio nas doses e nos métodos de distribuição testados.

INTRODUÇÃO

A soja com uma área cultivada em 1980 de cerca de 9.000.000 ha é a principal cultura produtora de proteínas e óleos vegetais comestíveis do País. Na última década esta cul

tura teve uma extraordinária expansão fazendo do Brasil, o segundo maior produtor do mundo.

Dado ao tamanho de sua área cultivada e às suas necessidades nutricionais, a soja consome hoje ao redor de vinte por cento de todo o fertilizante utilizado no país. Extrai em quantidade relativamente grande o potássio do solo, que é exportado através das sementes numa ordem de 20 kg de K_2O por tonelada de grãos. Assim sendo a adubação potássica é de grande importância para suprir as necessidades da planta e também para manter o solo com nível adequado, neste nutriente.

Desde 1973, tem-se observado, por ocasião de verânicos prolongados, o surgimento de plantas de soja com as folhas apresentando sintomas de requeima. Este fenômeno foi relacionado com salinidade causada pelo cloreto de potássio aplicado por ocasião do plantio, por MASCARENHAS *et alii* (1976).

É ampla a literatura brasileira sobre adubação na cultura da soja, embora maior ênfase tenha sido dada à adubação fosfatada e à calagem, quase sempre com respostas positivas. O potássio não apresenta uma constância na resposta à sua aplicação, conforme se observa em McCLUNG *et alii* (1958), MIYASAKA *et alii* (1960), FREITAS *et alii* (1960), MIYASAKA *et alii* (1962), MIKKELSEN *et alii* (1963), MIYASAKA *et alii* (1964), MIYASAKA *et alii* (1966), MASCARENHAS *et alii* (1968), MASCARENHAS *et alii* (1969), MASCARENHAS *et alii* (1970), BRAGA *et alii* (1972), GUAZZELLI *et alii* (1973), LIMA *et alii* (1974), DUTRA *et alii* (1975), FERRARI *et alii* (1976), SOARES (1978), MASCARENHAS *et alii* (1979a) e ROSOLEM *et alii* (1979).

Entre alguns dos fatores citados pela literatura com influenciando a resposta à adubação potássica temos:

Nível crítico de potássio trocável no solo e sua relação com outros cátions

BEAR *et alii* (1944) propuseram o nível crítico para o potássio baseado na sua porcentagem dentro do complexo de trocas iônicas do solo. Estudando durante oito anos, vinte dos mais importantes solos agrícolas do Estado de New Jersey, Estados Unidos da América, utilizando alfafa como planta teste,

observaram que as relações ótimas no complexo de troca para o melhor desenvolvimento da planta ocorriam com a seguinte saturação em cátions: Ca - 65%; Mg - 10%; K - 5% e H - 20%.

Bray (1944) citado por McLEAN (1976), propôs o nível de 100 ppm como cobrindo 95-98% da suficiência para a produção máxima.

Entre estes dois conceitos (valor relativo e valor absoluto), giram os níveis críticos recomendados nos vários estados norte americanos.

McLEAN (1976) numa tentativa de formular um conceito intermediário sugeriu a seguinte fórmula:

$$K^+ = 110 + 2,5 \times CTC \text{ (ppm)}$$

onde:

K^+ = nível crítico para o K em ppm e
CTC = capacidade de troca catiônica, em e.mg/100 g de solo e medida à pH 8,2.

VIDOR & FREIRE (1971), no-Estado do Rio Grande do Sul, estudando os solos Passo Fundo, Erechim e Santo Ângelo, observaram que o nível crítico para o potássio na cultura da soja era de 80 ppm. Este valor explicava as respostas obtidas para o potássio nos solos Erechim e Santo Ângelo. Já no solo Passo Fundo, não havia resposta devido à disponibilidade natural do K^+ de 100 ppm, acima portanto do nível crítico.

RAIJ & MASCARENHAS (1976), estudando calibração de potássio e fósforo, em solos para soja, utilizando dados de trinta e três experimentos, separaram o K^+ trocável do solo ($\mu\text{g/ml}$) em cinco classes, de acordo com a produção relativa obtida, variando de 0-18 $\mu\text{g K/ml}$ até mais de 171 $\mu\text{g K/ml}$.

FREITAS *et alii* (1966) em um estudo utilizando-se de vinte e quatro ensaios de campo, com algodoeiro (*Gossypium herbaceum* L.), constataram que solos contendo teores iguais ou superiores à 0,30 e.mg/100 g de solo em potássio trocável (extração ácido nítrico 0,05 N) ou mais que 4% de saturação no complexo de trocas catiônicas, não apresentavam respostas à

adubação potássica. Grandes respostas à adubação potássica eram observadas para solos com teor em potássio trocável inferior à 0,1 e.mg/100 g de solo ou com saturação no complexo de trocas inferiores à 1,5%.

Em vista dos conhecimentos atuais recomenda como ótima, para o desenvolvimento da planta, a faixa de 0,6 a 0,8 e.mg. de K/l na solução do solo, dependendo de fatores, tais como: planta cultivada, estrutura do solo, nível de fertilidade, e principalmente de adubação nitrogenada e do suprimento de água. Como a concentração de potássio na solução do solo depende do potássio trocável e do conteúdo de argila, recomenda que o potássio trocável seja ajustado de acordo com o conteúdo, daquele, de modo a garantir suficiente concentração de potássio na solução do solo.

Oliver & Barber (1966) citados por BARBER (1968) trabalhando com soja, num experimento com três níveis de taxa de transpiração, observaram que a difusão é o principal mecanismo utilizado no contato do íon K^+ com a raiz. Como a taxa de transpiração teve apenas pequena influência na quantidade total de potássio absorvida, isto mostrou que o fluxo de massas teve também pequena influência no suprimento de potássio para as raízes das plantas.

A distribuição de fertilizantes no solo, com o aumento nas doses recomendadas, não sofreu no Brasil, a evolução observada nos Estados Unidos da América. Mesmo na experimentação científica, poucos são os trabalhos que levam em consideração possíveis efeitos nocivos de doses elevadas de fertilizantes quando aplicados em sulcos.

SOUZA *et alii* (1979), trabalhando em solo Latossolo Vermelho Escuro, fase arenosa, no município de Assis, SP, fizeram aplicação de 0, 100, 200, 300, 400 e 500 kg/ha da fórmula (04-37-11), na cultura da soja de duas maneiras: no sulco e a lanço.

Os resultados indicaram que houve produção maior com adubação no sulco, e que houve também efeitos de doses nos dois sistemas de adubação. Na adubação a lanço houve um efeito linear e na adubação no sulco, o efeito foi quadrático. O efei-

to quadrático da adubação no sulco, de acordo com os autores, poderia ser devido à alta concentração de cloreto de potássio na região radicular, a qual teria afetado tanto a germinação como o crescimento das plantas. A resposta linear da adubação a lanço é explicada principalmente pelo fato de que a saturação do teor de fósforo é mais difícil de ser atingida devido a maior superfície de exposição, a qual acarreta uma maior fixação.

ROSOLEM *et alii* (1979) aplicaram doses de K_2O de 0, 40, 80, 160 e 240 kg/ha, na forma de cloreto de potássio, em área total e em sulcos. Observaram que a aplicação do cloreto de potássio em área total apresentou melhor resposta do que a aplicação em sulcos. Para o sulfato de potássio, não houve diferenças entre os métodos de distribuição.

DUNKLE & MERKLE (1943), estudando a relação entre a condutividade elétrica na solução do solo (extraída com relação solo: água de 1:2) observaram que a soja, teve a germinação reduzida à 60% numa condutividade elétrica de 1,8 mmho/cm. Este efeito pode ser causado em condições de campo, com uma aplicação convencional através da adubadeira semeadeira, de uma doses de 150 kg/ha de fórmula 04-10-10 preparada com salitre do Chile (16% N), superfosfato simples (20% P_2O_5) e cloreto de potássio (60% K_2O). A uma condutividade elétrica de 2,27 mmho/cm a germinação foi totalmente inibida.

MASCARENHAS *et alii* (1976) observaram, em lavouras de soja, folhas com pontos cloróticos próximo às margens, que evoluíam para necrose marginal. Estes sintomas apareciam depois de longos períodos sem chuvas e desapareciam após a normalização das mesmas. As análises foliar e do solo acusaram teores mais elevados de potássio e a assim, concluíram que os sintomas eram causados pela salinidade do solo provocada pelo cloreto de potássio.

Observaram que todos os cultivares não apresentaram nenhum problema até a dose de 232 kg/ha de K_2O , apesar de que as concentrações de cloro nas folhas sumiram da faixa inicial de 1.900, 6.600, 2.900, 4.700 e 9.00 ppm na dose de 1 e 12.400 9.500, 7.600, 11.300 e 9.500 ppm na dose 2, para os cultivares, na ordem citada.

A partir da dose de 720 kg/ha de K_2O , as plantas começaram a apresentar os mesmos sintomas de queima nas margens das folhas observados em campo por MASCARENHAS *et alii* (1976). Notaram que as variedades apresentaram diferentes níveis de tolerância, sendo a Lee-68 e Biloxi, as menos afetadas.

O objetivo do trabalho foi de estudar em condições de campo, o efeito de doses crescentes de cloreto de potássio, aplicados na lavoura da soja de duas maneiras: em sulco lateral e paralelo à linha de semeadura, e em área total e incorporada ao solo. Ao mesmo tempo, estudou-se alterações químicas em solos incubados com doses crescentes de cloreto de potássio.

MATERIAIS E MÉTODOS

Ensaio de campo

O ensaio foi instalado na Fazenda São Sebastião, localizada no município de Guaíra, SP.

O solo do local é de acordo com a COMISSÃO DE SOLOS (1960), um Latossolo Roxo (Haplustox). Esta unidade de mapeamento, é constituída de solos muito profundos, argilosos, bem drenados e de coloração arroxeada, formados a partir de rochas eruptivas básicas. A pequena variação das características morfológicas faz com que os vários sub-horizontes se apresentem pouco individualizados, com transições variando de graduais à difusas.

A análise química de amostra de solo retirada dos canteiros experimentais revelou os dados apresentados na Tabela 1.

As análises de K^+ , H^+ e Al^{+3} e PO_4^{-3} , foram feitas segundo métodos descritos por CATANI *et alii* (1955) e Ca^{+2} e Mg^{+2} por GLÓRIA *et alii* (1964) e M.O. % por MALAVOLTA e COURY (1954).

O solo foi submetido a aplicação as seguintes doses de cloreto de potássio: 0, 50, 100 e 200 kg/ha de K_2O , distribuídos de duas maneiras:

- à lanço, em pré-plantio, em área total e incorporada com enxada na profundidade de aração;
- em sulco lateral e paralelo à linha de semeadura, mantendo a distância de 5 cm ao lado e 5 cm abaixo das sementes

Tabela 1 - Resultados da análise química do solo

pH em H ₂ O	M.O. (%)	e.mg/100 g de solo							V (%)
		PO_4^{-3}	K^+	Ca^{+2}	Mg^{+2}	H^+	Al^{+3}	T	
5,9	3,00	0,06	0,12	2,1	1,0	6,00	0,0	9,22	34,9

(*) Extrator H_2SO_4 0,05 N

Os tratamentos em número total de sete estão resumidos, na Tabela 2.

Tabela 2 - Tratamentos testados: métodos de distribuição e doses de K_2O na forma de cloreto de potássio

Método de distribuição	Doses de K_2O (kg/ha)
Testemunha	0
Sulco	50
Sulco	100
Sulco	200
Área total	50
Área total	100
Área total	200

Todos os canteiros receberam uma semana antes da semeadura, 200 kg/ha de P_2O_5 , como superfosfato simples, aplicados à lanço e incorporados ao solo com enxada.

O potássio foi fornecido na forma de cloreto de potássio comercial, com 60% de K_2O .

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, definido em PIMENTEL GOMES (1963).

Cada parcela constou de seis linhas de soja espaçadas entre si de 0,60 m, com 6,0 m de comprimento, dando área total de 21,60 m². A área útil colhida foi a das duas linhas centrais, deixando-se 1 m de cada extremidade como bordadura, ou seja, 1,20 m x 4,00 m dando área útil de 4,80 m².

Foi utilizado o cultivar de soja UFV-1, com sementes cedidas pelo Instituto Agrônomo de Campinas, SP.

Segundo MIRANDA *et alii* (1977) UFV-1 é uma cultivar de crescimento determinado, pubescência de cor marrom, flor de cor roxa, semente amarela e hilo marrom. Na região da Moagiana, apresenta como características médias, ciclo completo de 141 dias, altura das plantas de 77 cm e altura de inserção das primeiras vagens de 15 cm.

Foram semeadas trinta sementes por metro linear que vinte dias após a germinação, sofreram desbaste para vinte plantas por metro linear.

Por ocasião do início do florescimento foi feita a amostragem foliar, para a análise química, colhendo-se ao acaso trinta folhas em cada parcela.

A folha amostrada foi a 3ª a partir do ápice da haste do ápice principal da planta.

A análise química para nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e cloro foi realizada, segundo métodos descritos por BATAGLIA *et alii* (1978).

Teste de incubação

O solo utilizado foi retirado da camada arável do campo experimental, antes da adição de fertilizantes.

Em sacos plásticos contendo 2 kg de TFSA foram adicionadas as doses de K₂O, na forma de cloreto de potássio equivalentes a: 0, 50, 100, 200, 400, 800, 1.600, 3.200, 6.400 e 12.800 kg/ha. Considerou-se 2.000.000 kg de TFSA como equivalente a 1 ha de solo na camada arável.

Utilizou-se como fonte de potássio, cloreto de potássio p.a. Os solos foram incubados por trinta dias, mantendo-se o volume total de poros ocupados por água.

O volume total de poros foi calculado através da fórmula dada por GROHMANN (1975). Após a incubação fez-se as seguintes análises:

- (1) no solo: elementos trocáveis;
- (2) no extrato de saturação: condutividade elétrica e cátions solúveis, de acordo com U.S. SALINITY LABORATORY (1954).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Ensaio de campo

Desenvolvimento das plantas

A germinação não mostrou diferença entre os tratamentos e vinte dias depois, fez-se o desbaste deixando vinte plantas por metro linear.

Fez-se a amostragem foliar com as plantas no meio do período de florescimento.

A queda pluviométrica no decorrer do experimento foi normal comparada com a média dos últimos quinze anos.

Apesar da aparente distribuição média mensal de chuva, de meados de janeiro à meados de fevereiro não houve precipitação pluviométrica suficiente e a cultura passou por uma ligeira falta de água. Não obstante, mesmo sob estas condições nenhum dos sintomas descritos por MASCARENHAS *et alii* (1976) foram observados.

Entre as razões que aparentemente contribuíram que não houvesse efeitos danosos, principalmente nas doses mais altas de potássio podem ser cogitadas: o cuidado com o que o fertilizante foi separado da semente, mantendo-se a distância de 5 cm abaixo e 5 cm ao lado desta e a boa precipitação pluviométrica após a instalação do experimento, que pode ter causado a lixiviação de ions em excesso.

Produção em grãos

Na Tabela 3 temos os dados das produções obtidas nos vários tratamentos. A Tabela 4 com a análise da variância, revelou ausência de respostas aos tratamentos testados. Confeccionou-se a Tabela 5, com o desdobramento dos seis graus de liberdade (G.L.) de tratamentos, para a análise do contraste ortogonal, sulco vs. lanço, e verificou-se que também não houve diferença significativa.

Tabela 3 - Produção em grãos (kg/ha)

Tratamentos	Bloco 1	Bloco 2	Bloco 3	Bloco 4	Média
Testemunha	1.362	1.789	1.622	2.018	1.697
Sulco 50 kg/ha	1.477	2.080	1.643	1.560	1.690
Sulco 100 kg/ha	1.798	1.768	1.466	1.862	1.716
Sulco 200 kg/ha	1.893	1.862	1.518	1.768	1.760
Área total 50 kg/ha	1.560	2.142	1.789	1.851	1.835
Área total 100 kg/ha	1.914	1.851	1.914	1.768	1.861
Área total 200 kg/ha	1.602	1.914	1.477	2.184	1.794

Tabela 4 - Análise da variância: produção (kg/ha)

Causa de var.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Blocos	3	428.464,7142	142.821,5714	3,76 *
Tratamentos	6	111.029,8571	18.504,9762	0,49 ns
Resíduo	18	683.873,2858	37.992,9603	-
TOTAL	27	1.223.367,8571		

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade / C.V. = 11,4%
 ns Não significativo.

Tabela 5 - Análise da variância: produção (kg/ha) com desdobramento dos seis graus de liberdade de tratamentos

Causa de var.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Blocos	3	428.464,7142	142.821,5714	3,76 *
Sulcos vs lanço	1	70.525,0417	70.525,0417	1,86 ns
Tratamentos	8	111.029,8571	18.504,8762	0,49 ns
Resíduo	18	683.873,2858	37.992,9603	-
TOTAL	27	1.223.367,8571		

A falta de resposta à adubação potássica em ensaios com apenas um ano de duração é bastante comum conforme observado, na literatura. O mais adequado seria que o experimento tivesse sido conduzido por diversos anos, onde se teria melhores condições de observar não apenas possíveis respostas positivas à adubação, mas também com o carragamento sucessivo nas doses, algum possível efeito salino.

Análise foliar

Observa-se na Tabela 6 os teores médios dos elementos na folha por ocasião do florescimento. Todos eles caem dentro do nível considerado adequado, de acordo com os padrões citados por OHLROGGE & KAMPRATH (1968), com exceção do nitrogênio no tratamento testemunha que foi considerado alto.

A análise da variância mostrou que não houve efeito dos tratamentos sobre os teores foliares de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e cloreto de potássio.

Conforme observações feitas por NELSON *et alii* (1945), MILLER *et alii* (1961), BHANGOO & ALBRITTON (1972), TERMAN (1977) e SOARES (1978), eram esperados efeitos da adubação potássica, nos teores de potássio, cálcio e magnésio nas folhas. No entanto, a falta de resposta à adubação potássica no teor do potássio na folha, foi observada por AUSTIN (1930), LUTZ Jr. & JONES (1975) e MASCARENHAS *et alii* (1979).

A análise de correlação entre teores foliares em nutrientes e a produção, mostrou que à nível de significância de 5% o teor de potássio correlacionou-se positivamente com a produção. Essa correlação entre teor foliar de potássio e aumento de produção corrobora com as observações feitas por MILLER *et alii* (1961), BHANGOO & ALBRITTON (1972), TERMAN (1977) & SOARES (1978).

Teste de incubação

Análise química do solo

A influência das doses de KCl nas características químicas do solo podem ser observadas na Tabela 7. Observa-se que os valores mais afetados pelo aumento na dose de KCl foram o pH em H₂O e o teor de K⁺.

- a. pH em H₂O. A influência do aumento de doses de KCl, diminuindo o pH em H₂O pode ser explicada pelo deslocamento de H⁺ da micela coloidal para a solução do solo, de acordo com DEMATTE (1978). Observa-se para a

Tabela 6 - Concentração dos elementos na folha por ocasião do florescimento (média de quatro repetições)

Métodos de distribuição	K ₂ O kg/ha	Elementos					
		N%	P%	K%	Ca%	Mg%	Cl ppm
Testemunha	0	5,62	0,310	2,11	1,18	0,42	244
Sulco	50	5,54	0,302	2,12	1,18	0,44	263
Sulco	100	5,42	0,300	2,11	1,23	0,43	333
Sulco	200	5,44	0,300	2,29	1,17	0,42	377
Area total	50	5,18	0,295	2,18	1,14	0,41	266
Area total	100	5,43	0,303	2,26	1,13	0,37	288
Area total	200	5,43	0,300	2,28	1,07	0,34	355
C.V. (%)		5,04	4,67	10,53	8,09	12,46	22,80
F.		ns	ns	ns	ns	ns	ns

ns Não significativo

Tabela 7 - Influência de doses de cloreto de potássio em algumas características químicas do solo

Doses de KCl K ₂ O (Kg/ha)	H ₂ O 1:2,5	KCl 1:2,5	(1) P ppm	C (%)	e. mg/100 g					ppm	
					(2) H ⁺	(3) Ca+2	(3) Mg+2	(1) K ⁺	(4) Mg+2	(5) Mg+2	
0	6,3	5,6	11,1	1,44	3,76	3,42	1,23	0,23	1,70	1,06	
50	6,4	5,7	11,1	1,50	3,57	3,55	1,23	0,35	2,00	1,51	
100	6,2	5,6	9,8	1,40	3,67	3,45	1,31	0,33	1,80	1,34	
200	6,2	5,6	10,5	1,54	3,83	3,42	1,27	0,41	1,63	1,17	
400	6,2	5,7	11,4	1,42	3,90	3,50	1,31	0,71	1,94	1,56	
800	6,0	5,7	11,5	1,42	3,73	3,35	1,23	1,07	1,57	1,27	
1.600	5,9	5,6	10,8	1,34	3,83	3,45	1,31	2,08	1,44	1,10	
3.200	5,9	5,6	11,3	1,36	3,76	3,62	1,36	5,53	1,57	1,24	
6.400	5,8	5,6	10,7	1,32	3,80	3,17	1,15	8,51	1,39	1,14	
12.800	5,8	5,7	11,6	1,36	3,76	3,37	1,15	16,71	1,31	1,08	

- (1) Extrator 0,05 N HCl + 0,25 N H₂SO₄
- (2) Acidez extraída com Ca(OAc)₂ ph = 7,0
- (3) Extrator 1 N KCl
- (4) Extrator 1 N HCl
- (5) Extrator NH₄OAc pH 4,5

dose de KCl de 12.800 kg/ha de K_2O , o pH em água aproxima bastante do pH medido com 1 N KCl;

- b. K^+ trocável. O potássio trocável aumentou, como era esperado, com o aumento da dose de KCl. Observando-se o valor de H^+ , pode-se concluir que para as doses mais elevadas de KCl não se terão cargas elétricas suficientes para a absorção do K^+ . Assim pode-se esperar um aumento de concentração do K^+ na solução do solo com o aumento da dose de KCl. Isto poderá ser observado na análise do extrato de saturação.

Segundo BORKET (1973) e WESTERMANN *et alii* (1971) o KCl aumenta o nível do Mn^{+2} trocável. Isto não foi observado tanto na extração com KCl como com o NH_4OAC . No entanto, como veremos a seguir influenciou no teor de Mn^{+2} do extrato de saturação.

Análise do extrato de saturação

A influência das doses de cloreto de potássio na condutividade elétrica da pasta saturada e nos cátions solúveis no extrato de saturação é dada na Tabela 8.

Condutividade elétrica (C.E.)

A condutividade do extrato de saturação subiu do valor inicial de 0,20 mmho/cm para 30, 20 mmh/cm para o solo incubado com 12.800 kg/ha de K_2O , como cloreto de potássio. De acordo com DUNKLE & MERKLE (1943). U.S. SALINITY LABORATORY (1954), ABEL & MACKENZIE (1964) e LAVADO (1973), há variedade de soja resistindo à mais de 9,0 mmho/cm, enquanto outras apresentam problemas com 2,0 mmho/cm.

Tomando por base a definição de solo salino citada pelo U.S. SALINITY LABORATORY (1954) como solo com condutividade elétrica maior que 4 mmho/cm vemos na Tabela 8, que para atingir o valor de 4,15 mmho/cm, necessitamos de 1.600 kg/ha de K_2O .

No solo estudado, para que o cloreto de potássio cause dano salino, sem considerar lavagens de excesso de sais atra

Tabela 8 - Condutividade elétrica (mmho/cm) e cátions solúveis no extrato de saturação de solos, incubados com doses crescentes de cloreto de potássio.

Doses de KCl K ₂ O (kg/ha)	C.E. mmho/cm	Cátions solúveis mg/l				
		Ca	Mg	K	Mn	Na
0	0,20	12,0	7,0	24,0	0,0	0,28
50	0,44	22,5	14,0	29,8	0,0	0,32
100	0,56	32,5	20,0	31,4	0,0	0,29
200	0,71	39,5	22,5	64,0	3,6	0,25
400	1,15	58,5	34,5	212,0	7,0	0,28
800	2,50	129,0	78,5	348,0	12,6	0,41
1.600	4,15	188,0	110,0	784,0	19,4	0,43
3.200	8,20	279,0	156,0	1.975,0	28,6	0,30
6.400	22,00	634,0	302,0	8.560,0	70,6	1,23
12.800	30,20	732,0	302,0	10.400,0	66,0	0,65

vês da lixiviação pela água da chuva, seriam necessários 1600 kg/ha de K_2O ou 2.667 kg/ha de cloreto de potássio aplicados em área total e incorporados no solo. Quando se considera nos dados de MASCARENHAS (1979), 1 ha de solo como sendo correspondente a 2000 toneladas de terra verifica-se que o efeito da redução significativa no peso da matéria seca da parte aérea nas variedades Santa Rosa, Davis e IAC - 3 se dá com a dose de 1.440 kg/ha de K_2O , mostrando grande aproximação entre os dois resultados.

Cátions solúveis (mg/l)

Dos cinco cátions solúveis medidos, cálcio, magnésio, potássio, manganês e sódio, nota-se que apenas o sódio sofreu pouca influência no teor no extrato de saturação, com o aumento das doses de cloreto de potássio.

O pequeno aumento do sódio no extrato de saturação, poderia ser explicado pela sequência liotrófica de Hofmeister (FASSBENDER, 1975), que segue a ordem $Li > Na > H_3O > K > Rb > Cs > Mg > Ca > Sr > Ba$. Assim, dada a grande força com que o sódio está ligado à micela coloidal, ele seria pouco influenciado pelas doses de cloreto de potássio. A outra explicação seria o teor natural baixo de sódio nestes solos, que segundo a COMISSÃO DE SOLOS (1960) é de 0,3 a 0,5 e.mg/100 g de solo.

Conforme também observado por WESTERMAN (1971) e BORKERT (1973), o aumento de doses de cloreto de potássio provocou o aumento no teor de Mn^{+2} no extrato de saturação, a partir da dose de 200 kg/ha de KCl. A partir da dose de 6.400 kg/ha de KCl o teor de Mn^{+2} no extrato de saturação manteve ao redor de 70 mg/l.

Observações gerais

- a. A experimentação agrônômica no Brasil, com o fertilizante potássico, tem-se preocupado principalmente com as respostas das culturas às doses aplicadas, não levando em muita consideração o método com que estas doses são distribuídas no solo.

- b. O cloreto de potássio quando aplicado no solo em doses elevadas, pode ficar sujeito à perdas por lixiviação, causar dano salino às plantas e ainda causar desbalanço entre os cátions na solução do solo, conforme citações na literatura.
- c. Assim, seria recomendável que a experimentação agrícola tomasse a precaução em evitar que doses elevadas de fertilizantes com índice salino elevado, como os nitrogenados e os potássicos fossem colocados em sulco. BARBER *et alii* (1971), afirmam como regra geral que na cultura do milho, em solo de textura média à argilosa, quando a quantidade de nitrogênio mais potássio exceder à 50 kg/ha, podem ocorrer danos por salinidade, no caso do fertilizante ser aplicado perto das sementes.
- d. Para atingir uma condutividade elétrica de 4,15 mmho/cm, já dentro da definição de solo salino (C.E. > 4,0 mmho/cm), o solo testado no presente trabalho necessitaria de uma dose de 1.600 kg/ha de K₂O como cloreto de potássio, distribuídos em área total. Mas devido ao efeito concentrador do sulco, certamente problemas salinos podem aparecer com doses menores, principalmente em anos de baixa precipitação pluviométrica.
- e. Este problema poderia ser facilmente solucionado através da utilização de adubações corretivas em área total, colocando-se apenas doses de manutenção em sulco, conforme já recomendada no sul do País (MIELNICZUK, 1978). Outra possibilidade seria de aplicar toda dose N-P-K em área total em pré-plantio, em solos cultivado há muitos anos, onde o problema de fixação de fósforo seria mínimo.

CONCLUSÕES

Em Latossolo Roxo, com 48 ppm de K⁺ trocável, o experimento de campo não apresentou resposta à adubação potássica, nas doses de 50, 100 e 200 kg/ha de K₂O fornecidas como cloreto de potássio.

Não se observou diferenças na produção entre a distribuição do cloreto de potássio no sulco e à lanço.

A análise foliar não acusou nenhuma influência dos tratamentos nas concentrações a nitrogênio, fósforo, potássio cálcio, magnésio e cloro nas folhas.

Houve correlação positiva entre a concentração de potássio nas folhas e a produção.

Durante o desenvolvimento da planta, não foi observado, nenhum sintoma de dano salino causado pelo cloreto de potássio.

O teste de incubação de cloreto de potássio com o solo, mostrou que o aumento nas doses causou aumento nos teores de potássio, cálcio, magnésio e manganês no extrato de saturação.

SUMMARY

DOSES AND METHODS OF DISTRIBUTION OF POTASSIUM CHLORIDE ON SOYBEAN CROP (*Glycine max* (L.) MERRILL) IN A RED LATOSOL, AFFECTING SOIL SALINITY, GRAIN PRODUCTION AND CHEMICAL COMPOSITION OF LEAVES

The present work dealt with an experiment under field conditions and a laboratory test of soil incubation the objectives were as follows:

- a. to study effects on soybean grain production and leaf composition of increasing doses of potassium chloride applied into the soil through two methods of distribution;
- b. to observe chemical modifications in the soils incubated with increasing doses of potassium chloride; and,
- c. to correlate field effects with chemical alterations observed in the incubation test.

The field experiment was carried out in a Red Latosol (Haplustox) with soybean cultivar UFV - 1.

Potassium chloride was distributed through two methods: banded (5 cm below and 5 cm aside of the seed line) and broadcasted and plowed-down. Doses used were: 0; 50; 100 and 200 kg/ha of K₂O. Foliar samples were taken at flowering stage.

Incubation test were made in plastic bags with 2 kg of air dried fine soil, taken from the arable layer of the field experiment, with the following doses of KCl p.a.: 0; 50; 100; 200; 400; 800; 1,600; 3.200; 6,400 and 12,800 kg/ha of K₂O.

In the conditions observed during the present work, results allowed the following conclusions:

A response by soybean grain production for doses of potassium chloride, applied in both ways, banded or broadcasted, was not observed.

Leaf analysis did not show treatment influence over the leaf contents for N, P, K, Ca, Mg, and Cl.

Potassium chloride salinity effects in both methods of distribution for all the tested doses were not observed.

LITERATURA CITADA

- ABEL, G.H.; MACKENZIE, A.J., 1964. Salt tolerance of soybean varieties (*Glycine max* (L.) Merrill) during germination and later growth. *Crop Sci.* 4(2): 157-6.
- AUSTIN, R.H., 1930. Effect of soil type and fertilizer treatment on the composition of soybean plant. *Jour. Am. Soc. Agron.* 22: 136-56.
- BARBER, S.A., 1968. Mechanisms of potassium absorption by plants: In: DINAUER, R.C., Ed. **The role of potassium in agriculture**, Madison, American Society of Agronomy, Crop

Science Society of America, Soil Science Society of America, p.305.

- BARBER, S.A.; MUNSON, R.D.; DANCY, W.B., 1971. Production, marketing and use of potassium fertilizers. In: DINAUER, R.C., Ed. **Fertilizer technology and use**, 2ª ed., Madison, Soil Science Society of America, p.331.
- BATAGLIA, O.C.; TEIXEIRA, J.P.F.; FURLANI, P.R.; FURLANI, A.M.C.; GALLO, J.R., 1978. **Métodos de análise química de plantas**. Circular do Instituto Agrônomo, Campinas, nº 87, p. 31p.
- BEAR, F.E.; PRINCE, A.L.; MALCOLM, J.L., 1944. The potassium supplying of 20 New Jersey soils. *Soil Sci* 58(1): 139-49.
- BHANGOO, M.S.; ALBRITTON, D.J., 1972. Effecto of fertilizer nitrogen, phosphorus and potassium on yield and nutrient content of Lee soybeans. *Agron. J.* 64: 743-46.
- BORKERT, C.M., 1973. **Efeito do calcário e do cloreto de potássio sobre as concentrações de manganês e alumínio nos oxissolos Santo Ângelo e Passo Fundo e suas relações com a nodulação e rendimento de duas cultivares de soja**, Porto Alegre, 97p. , mestrado-UFRGS.
- BRAGA, J.M.; DEFELIPO, B.V.; ANDRADE, D., 1972. Adubação da soja em solos sob vegetação de cerrado na região do Triângulo Mineiro. *Revista Ceres* 19(101): 52-62.
- CATANI, R.A.; GALLO, J.R.; GARGANTINI, H., 1955. Amostragem de solo, métodos de análise, interpretação e indicações gerais para fins de fertilidade. *Bol. Inst. Agron.*, Campinas nº 69, 29p.
- COMISSÃO DE SOLO, 1960. Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado de São Paulo. **Boletim** 12, Rio de Janeiro, 634p.
- DEMATTE, J.L.T., 1978. **Apostila do curso de gênese e classificação de solos**, Piracicaba, ESALQ/USP, cap. 1, p.68.

- DUNKLE, E.C.; MERKLE, F.G., 1943. The conductivity of soil extracts in relation to germination and growth of certain plants. Soil Sci. Soc. Proc. **8**(2): 185-88.
- FASSBENDER, H.W., 1975. **Química de suelos con énfasis en suelos de America Latina**, Turrialba, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas da la OEA, p.333.
- FERRARI, R.A.R.; BRAGA, J.M.; SEDIYAMA, C.S.; OLIVEIRA, L.M., 1976. Respostas do cultivar de soja 'Santa Rosa' à aplicação de P, K e calcário em Latossolos do Triângulo Mineiro. I - Produção e características agronômicas. Revista Ceres, **23**(125): 11-20.
- FREITAS, L.M.M.; McCLUNG, A.C.; GOMES, F.P., 1966. Determinação das áreas deficientes em potássio para a cultura do algodão. Fertilité, Paris, **26**: 37-47.
- FREITAS, L.M.M.; McCLUNG, A.C.; LOTT, W.L., 1960. Experimento de adubação em dois solos de campo-cerrado. Boletim do IBCD Research Institute **21**: 32p.
- GLÓRIA, N.A.; CATANI, R.A.; MATUO, T., 1964. Método do EDTA na determinação do cálcio e magnésio "trocável" do solo. An. Esc. Sup. Agr. "Luiz de Queiroz", **21-22**: 220-28.
- GROHMANN, F., 1975. Porosidade. In: MONIZ, A.C., Ed. **Elemento de Pedologia**, Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., p.77.
- GUAZZELLI, R.J.; MENDES, J.F.; BAUWIN, G.R.; MILLER, S.F., 1973. Efeitos agronômicos e econômicos do calcário, nitrogênio, fósforo, potássio, enxofre e micronutrientes nos rendimentos de soja, feijão, e arroz em Uberaba, Minas Gerais. Pesq. Agropec. Bras., Série Agr., **8**: 29-37.
- LAVADO, R.S., 1973. Nota sobre la tolerancia de la soja e la salinidade. Res. Invest. Agropec., Sér. 3, **10**(5): 177-79.
- LIMA, L.A.P.; VIEIRA, C.; SEDIYAMA, T.; SEDIYAMA, C.S., 1974. Resposta diferencial de quatro variedades de soja à adubação fosfatada e potássica, em três localidades do Estado de Minas Gerais. Experimentiae **17**(4): 63-83.

- LUTZ JR., J.A.; JONES, G.D., 1975. Effect of irrigation, lime and fertility treatments on the yield and chemical of soybeans. *Agron. J.* **67**: 523-26.
- MALAVOLTA, E.; COURY, T., 1954. *Práticas de Química Agrícola*, Piracicaba, CALQ, 49p.
- MASCARENHAS, H.A.A.; MIRANDA, M.A.C.; TISSELLI FILHO, O., BRAGA, N.R.; GALLO, J.R.; BATAGLIA, O.C.; NAGAI, V.; ROCHA, T.R.; CAMPANHA, M.; SORDI, G. de, 1979. Influência da adubação e espaçamento na nutrição e produção das cultivares de soja 'Santa Rosa', 'IAC-1' e 'IAC-2'. *Científica* **7** (3): 331-41.
- MASCARENHAS, H.A.A.; MIYASAKA, S.; IGUE, T.; FREIRE, E. S., 1968. Adubação da soja. VII. Efeito de doses crescentes de calcário, fósforo e potássio em solo Latossolo Roxo com vegetação de cerrado recém-desbravado. *Bragantia* **27**: 279-89.
- MASCARENHAS, H.A.A.; MIYASAKA, S.; IGUE, T.; FREIRE, E.S. 1970. Adubação da Soja. VIII. Efeito de doses crescentes de calcário, fósforo e potássio em solo podzolizado vermelho amarelo, variação Piracicaba. *Bragantia* **29**: 81-89.
- MASCARENHAS, H.A.A.; MIYASAKA, S.; IGUE, T.; DI SORDI, G., 1969. Resposta da soja à calagem e à adubação minerais com fósforo e potássio em latossolo roxo. *Bragantia* **28**: XVII - XXI.
- MASCARENHAS, H.A.A.; HIROCE, R.; BRAGA, N.R., 1976. Cloreto de potássio para soja. *Bragantia* **35**: CXXV-CXXVI. (Nota prévia nº 25).
- McCLUNG, A.C.; FREITAS, L.M.M.; GALLO, J.R.; QUINN, R.L; MOTT G.O., 1958. Alguns estudos preliminares sobre possíveis problemas de fertilidade em solos de diferentes campos cerrados de São Paulo e Goiás. *Boletim do IBEC Research Institute* **13**: 26p.
- McLEAN, E.O., 1976. Exchangeable K levels for maximum crop yield on soils of different cation exchange capacities. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* **7**(9): 823.38.

- MIELNICZUK, J., 1978. **O potássio no solo**, Boletim Técnico do Instituto da Potassa & Fosfato (EUA) e do Instituto Internacional da Potassa (Suíça), Piracicaba, nº 2, 80p.
- MIKKELSEN, D.S.; FREITAS, L.M.M.; McCLUNG, A.C., 1963. Efeitos da calagem e adubação na produção do algodão, milho e soja em três solos de campo cerrado. Boletim do Instituto de Pesquisas IRI **29**: 48p.
- MILLER, R.J.; PESEK, J.T.; HANWAY, J.J., 1961. Relationships between soybean yield and concentration of phosphorus and potassium in plant parts. Agron. J. **63**: 393-96.
- MIRANDA, M.A.C.; MIYASAKA, S.; MASCARENHAS, H.A.A.; ROSSETO, D., 1977. Melhoramento da soja no Estado de São Paulo. In: Fundação Cargill, **A Soja no Brasil Central**, Campinas, p.25-24.
- MIYASAKA, S.; WUTKE, A.C.P.; VENTURINI, W.R., 1962. Adubação da soja. II. Adubação mineral em "terra roxa misturada com argilite do glacial". Bragantia **21**: 617-30.
- MIYASAKA, S.; FREIRE, E.S.; MASCARENHAS, H.A.A., 1964. Ensaio de adubação da soja e do feijoeiro em solo de arenito Botucatu, com vegetação de cerrado. Bragantia **23**: 45-54.
- MIYASAKA, S.; SILVA, J.G.; GALLO, J.R., 1960. Adubação da soja. I. Ensaio preliminares de adubação mineral em terra-roxa misturada. Bragantia **19**: 667-74.
- NELSON, W.L.; BURKHART, L.; COLWELL, W.E., 1945. Fruit development seed quality, chemical composition and yield of soybean as affects by potassium and magnesium. Soil Sci Soc. Amer. Proc. **10**: 224-29.
- OHLROGGE, A.J.; KAMPRATH, E.J., 1968. Fertilizer use on soybeans. In: NELSON, L.B., Ed. **Changing patterns in fertilizer use**, Madison, Soil Sci. Soc. of Amer., p.273-95.
- PIMENTEL GOMES, F., 1963. **Curso de Estatística Experimental..** Piracicaba, ESALQ/USP, p.79.

- RAIJ, B. van; MASCARENHAS, H.A.A., 1976. Calibração do potássio e fósforo em solos para soja. In: CONG. BRAS. CIEN. SOLO, 15., Campinas. **Anais**, p.309-15.
- ROSOLEM, C.A.; NAKAGAWA, J.; MACHADO, J.R.; YAMADA, T., 1979. Efeitos de modos de aplicação, doses e fontes de potássio na produção da soja. *Revisya da Agricultura* 54: 13-19.
- SOARES, E., 1978. Influência do teor de potássio trocável do solo na absorção de cálcio e magnésio pela soja (*Glycine max* (L.) Merrill), Piracicaba, 116p., doutoramento, ESALQ/USP.
- SOUZA, E.A.; CARVALHO, M.P.; BAUMGARTNER, J.G., 1979. Efeitos de doses e de modos de aplicação de adubo na cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill), cv. Santa Rosa. In: Sem. Nac. Pesq. Soja 1, Londrina, **Anais**, p.229-34.
- TERMAN, G.L., 1977. Yield and nutrient accumulation by determinate soybeans, as affected by applied nutrients. *Agron.J.* 69: 234-38.
- U.S. SALINITY LABORATORY, 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. U.S.D.A. Handbook 60.
- VIDOR, C.; FREIRE, J.R.J., 1971. Calibração e análise do solo para a cultura da soja. *Agronomia Sulriograndense* 7: 63-72.
- WESTERMANN, D.T.; JACKSON, T.L.; MOORE, D.P., 1971. Effect of potassium salt on extractable soil manganese. *Soil Sci. Soc. of America Proc.* 35: 43-46.