DOSES E MÉTODOS DE DISTRIBUIÇÃO DE CLORETO DE
POTÁSSIO NA CULTURA DA SOJA (*Glycine max* (L.)
Merrill) EM LATOSSOLO ROXO, INFLUINDO NA SA-
LINIDADE, PRODUÇÃO E COMPOSIÇÃO QUÍMICA
DAS FOLHAS.

TSUIOSHI YAMADA

Orientador : Prof. Dr. **Henrique Paulo Haag**

Dissertação apresentada à Escola Superior de
Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de
São Paulo, para obtenção do Título de Mestre em
Solos e Nutrição de Plantas

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Novembro, 1980

À minha esposa,
meus pais e
meus irmãos

D E D I C O

A G R A D E C I M E N T O S

Dr. Henrique Paulo Haag

Dr. Hipolito A. A. Mascarenhas

Dr. Ruter Hiroce

Sr. Hirofume Kage

Eng^o-Agr^o Marcos A. Pavan

Eng^o-Agr^o Maria Cristina Stolf Nogueira

Eng^o-Agr^o Anemézio Albertini

Sr.^a Maria Izalina F. Alves

Í N D I C E

	Pág.
LISTA DE TABELAS	v
RESUMO	vii
SUMMARY	ix
1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO DA LITERATURA	3
3 MATERIAIS E MÉTODOS	37
3.1 - Ensaio de Campo	37
3.1.1 - Solo	37
3.1.2 - Tratamentos	38
3.1.3 - Delineamento experimental	40
3.1.4 - Cultivar utilizada	40
3.1.5 - Análise foliar	41
3.2 - Teste de Incubação	41
3.2.1 - Solo	41
3.2.2 - Doses de cloreto de potássio	42
3.2.3 - Tempo e umidade de incubação	42
3.2.4 - Análise do solo	43
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	44
4.1 - Ensaio de Campo	44

	Pág.
4.1.1 - Desenvolvimento das plantas	44
4.1.2 - Produção em grãos	45
4.1.3 - Análise foliar	49
4.2 - Teste de Incubação	51
4.2.1 - Análise química do solo	51
4.2.2 - Análise do extrato de saturação	53
4.2.2.1 - Condutividade elétrica (C.E.)	53
4.2.2.2 - Cátions solúveis (mg/l)	56
4.3 - Observações Gerais	57
5 - CONCLUSÕES	59
6 - LITERATURA CITADA	61

LISTA DE TABELAS

	Pág.
TABELA 1 - Concentrações de elementos nas folhas, no estágio final de florescimento	5
TABELA 2 - Classes de teor de potássio trocável no solo	14
TABELA 3 - Suprimento de potássio às raízes da soja pelos mecanismos de intercepção radicular, fluxo massal e difusão	21
TABELA 4 - Tolerância de algumas culturas à concentração de íon cloreto no solo, à capacidade de campo	32
TABELA 5 - Classificação dos solos afetados por sais, de acordo com a condutividade elétrica e a saturação em sódio	33
TABELA 6 - Faixas de salinidade do solo e níveis de tolerância apresentados pelas plantas	34
TABELA 7 - Tolerância relativa de algumas culturas à sais	35
TABELA 8 - Índice salino por fertilizante e por unidade de nutriente	36
TABELA 9 - Resultados da análise química do solo	39

TABELA 10 -	Tratamentos testados: métodos de distribuição e doses de K_2O na forma de cloreto de potássio	39
TABELA 11 -	Produção em grãos (kg/ha)	46
TABELA 12 -	Análise da variância: Produção (kg/ha) ..	47
TABELA 13 -	Análise da variância: Produção (kg/ha) com desdobramento dos seis graus de liberdade de tratamentos	48
TABELA 14 -	Concentração dos elementos na folha por ocasião do florescimento (média de quatro repetições)	50
TABELA 15 -	Influência de doses de cloreto de potássio em algumas características químicas do solo	52
TABELA 16 -	Condutividade elétrica (mmho/cm) e cátions solúveis no extrato de saturação de solos, incubados com doses crescentes de cloreto de potássio	54

DOSES E MÉTODOS DE DISTRIBUIÇÃO DE CLORETO DE POTÁSSIO NA CULTURA DA SOJA (*Glycine max* (L.) Merrill) EM LATOSSOLO ROXO, INFLUINDO NA SALINIDADE, PRODUÇÃO E COMPOSIÇÃO QUÍMICA DAS FOLHAS.

Tsuioshi Yamada
Candidato

Dr. Henrique Paulo Haag
Orientador

RESUMO

O presente trabalho 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.

O ensaio de campo foi instalado em um Latossolo Roxo, utilizando-se de cultivar de soja UFV-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,

ã lança 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 a mostras de 2 kg de TFSA proveniente da camada arável do ensaio de campo, com as seguintes doses: 0 , 50 , 100 , 200 , 400 , 800 , 1.600 , 3.200 , 6.400 e 12.800 kg/ha de K_2O , utilizando-se como fonte, o cloreto de potássio p.a.

Para as condições testadas, os resultados permitiram tirar as conclusões:

- a - Não houve resposta na produção da soja, às doses de cloreto de potássio, tanto aplicadas em sulco ou em lança.
- 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.
- d - Para atingir uma condutividade elétrica de 4,15 mmho / cm dentro da faixa definida como de solo salino (C.E. > 4,0 mmho/cm) o solo testado necessitou de 1.600 kg/ha de K_2O equivalentes a 2.667 kg/ha de cloreto de potássio.

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

Tsuioshi Yamada
Candidate

Dr. Henrique Paulo Haag
Advisor

SUMMARY

The present work dealt with on experiment under field conditions and a laboratory test of soil incubation, with the following objectives:

- a - To study effects of increasing doses of potassium chloride applied in the soil through two methods of distribution, on soybean grain production and leaf composition;
- b - to observe chemical modifications in the soil, 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 K_2O . Foliar samples were taken at flowering stage.

Incubation test were made in plastic bag 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 K_2O .

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

- a - There wasn't observed response by soybean grain production for doses of potassium chloride, applied in both ways , banded or broadcasted.
- b - Leaf analysis didn't show treatments influence over the leaf content for N , P , K , Ca , Mg and Cl.
- c - It wasn't observed potassium chloride salinity effects in both methods of distribution for all the tested doses.
- d - To reach in the soil a electrical conductivity of 4.15 mmho/cm , level considered as of a saline soil (E. C. > 4.0 mmho/cm.), it was necessary the application of 1,600 kg/ha of K_2O corresponding to 2,667 kg/ha of potassium chloride.

1 - 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 cultura 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 a plicado por ocasião do plantio, por MASCARENHAS *et alii* (1976).

O objetivo do presente 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 to tal e incorporada ao solo. Ao mesmo tempo estudou-se alterações químicas em solos incubados com doses crescentes de cloreto de potássio. Com isto, desejou-se:

- 1 - Observar a influência de doses e métodos de distribuição de cloreto de potássio na produção e na concentração de N , P , K , Ca , Mg e Cl nas folhas;
- 2 - Verificar efeito salino de doses ou métodos de distribuição de cloreto de potássio, durante o ciclo da cultura;
- 3 - Correlacionar as alterações químicas em solo incubado com doses crescentes de cloreto de potássio com os sintomas apresentados pelas plantas, no ensaio de campo.

2 - REVISÃO DA LITERATURA

O acúmulo da matéria seca da soja e a absorção de nutrientes pela soja foi estudada entre outros por Hammond *et alii* (1951) e Henderson e Kamprath (1970) conforme citados por BATAGLIA *et alii* (1977) , HANWAY e WEBER (1971.a) , HANWAY e WEBER (1971.b) , MASCARENHAS (1972) , EGLI e LEGGET (1973) , BATAGLIA *et alii* (1976) ; CORDEIRO *et alii* (1979) e MASCARENHAS *et alii* (1980). Nestes trabalhos, observa-se que o acúmulo de matéria seca pela soja independentemente de cultivares e das condições ecológicas testadas, seguem aproximadamente a uma mesma tendência: lento até o início do florescimento ; desta fase até a formação das vagens a taxa de acúmulo é elevada e a medida que as sementes se desenvolvem vai havendo um decréscimo na matéria seca da parte vegetativa devido não só a translocação para as sementes, mas também pela queda das folhas.

Segundo ROSOLEM (1980), a curva de absorção do K segue paralela à do acúmulo de matéria seca pela planta, precedendo-a um pouco, na fase inicial do desenvolvimento. A velocidade de absorção é maior durante os trinta dias que precedem o florescimento, mostrando que existe por parte da planta uma maior exigência de potássio disponível no solo, nos estágios iniciais da cultura.

A Tabela 1 apresenta dados de OHLROGGE e KAMPATH (1968) referentes aos níveis de nutrientes para folhas amostradas na fase final de florescimento. Na falta de dados sobre níveis de nutrientes adequados para condições brasileiras, estes valores são também utilizados entre nós.

BATAGLIA *et alii* (1976) trabalhando com o cultivar de soja Santa Rosa, observou a seguinte ordem de absorção total de nutrientes pelas plantas: $N > K > Ca > Mg > P > S$. Já as quantidades exportadas seguiram a ordem: $N > K > P > Ca > Mg > S$. A absorção máxima do potássio, de 80,2 kg/ha, ocorreu aos 110 dias. Do total absorvido 58,7% ou 47,1 kg/ha foram exportados pelas sementes, dando uma média de 22,5 kg de potássio por tonelada de grãos.

MASCARENHAS *et alii* (1980) fizeram o levantamento do teor e da extração diferencial de nutrientes em treze cultivares de soja plantadas no Estado de São Paulo e de duas linhagens promissoras, utilizando-se de campos de multiplicação de sementes básicas. Observaram que houve variação nos teores dos nutrientes determinados nas folhas e sementes

TABELA 1 - Concentrações de elementos nas folhas, no estágio final de florescimento

Elemento	Deficiente	Baixo	Adequado	Alto	Excesso
Porcentagem					
N	< 4,00	4,00 - 4,50	4,51 - 5,50	5,51 - 7,00	> 7,00
P	< 0,15	0,16 - 0,25	0,26 - 0,50	0,50 - 0,80	> 0,80
K	< 1,25	1,26 - 1,70	1,71 - 2,50	2,51 - 2,75	> 2,75
Ca	< 0,20	0,21 - 0,35	0,36 - 2,00	2,01 - 3,00	> 3,00
Mg	< 0,10	0,11 - 0,25	0,26 - 1,00	1,01 - 1,50	> 1,51
Partes por milhão					
Mn	< 14	15 - 20	21 - 100	101 - 250	> 250
Fe	< 30	31 - 50	51 - 350	350 - 500	> 500
B	< 10	11 - 20	21 - 55	56 - 80	> 80
Cu	< 4	5 - 9	10 - 30	31 - 50	> 50
Zn	< 10	11 - 20	21 - 50	50 - 75	> 75
Mo	< 0,4	0,5 - 0,9	1,0 - 5,0	5,1 - 10	> 10
Al			< 200	201 - 400	> 400

de soja entre as cultivares, demonstrando que cada cultivar tem as suas próprias exigências nutricionais e capacidade de extração de nutrientes do solo. A extração média de nutrientes por tonelada de grãos foi da ordem de: N = 57,7 kg ; P = 5,00 kg ; K = 17,9 kg ; Ca = 3,9 kg ; Mg = 2,8 kg ; S = 3,4 kg ; Mo = 0,56 g ; Zn = 80 g ; Cu = 32 g ; Mn = 27 g e Fe = 202 g. O teor de potássio nas sementes variou de 1,60% a 1,95% e a concentração nas folhas de 1,51% a 2,77%.

OHLROGGE e KAMPRATH (1968) observaram que numa produção de 4.032 kg/ha a soja exporta através das sementes 78,4 kg/ha de K_2O . Ou seja 19,4 kg de K_2O ou 16,1 kg de potássio por tonelada de grãos.

CORDEIRO *et alii* (1979) obtiveram as seguintes quantidades de nutrientes exportados por tonelada de grãos: N = 64,40 kg ; P = 4,70 kg ; K = 16,50 kg ; Ca = 3,20 kg ; Mg = 2,20 kg e S = 2,30 kg.

Comparando os dados obtidos por BATAGLIA *et alii* (1976) , CORDEIRO *et alii* (1979) , MASCARENHAS *et alii* (1980) ; OHLROGGE e KAMPRATH (1968) da exportação de potássio através dos grãos de soja com os citados por MALAVOLTA (1977) para grãos de alguns cereais como arroz (2,25 kg de K por tonelada) , milho (7,0 kg de K por tonelada) , sorgo (3,2 kg de K por tonelada) e trigo (4,0 kg de K por tonelada), verifica-se que a soja é uma espécie que exporta elevadas quantidades deste elemento. Este fato ilustra bem, a importância da adubação, na reposição dos nutrientes exportados e na manutenção

do nível adequado da fertilidade do solo.

Alguns dos resultados de experimentação potássica obtidos nos Estados Unidos da América podem ser observados.

AUSTIN (1930) estudando em casa de vegetação o efeito do tipo de solo e da adubação fosfatada e potássica, observou que o tipo de solo afetava mais na composição química da planta que a aplicação de fertilizantes.

NELSON *et alii* (1945) estudando os efeitos de adubação potássica e magnésiana na composição química da soja, observaram que as aplicações de potássio aumentavam o conteúdo de potássio nas folhas e pecíolos e diminuía os de magnésio, cálcio e fósforo. As aplicações de magnésio diminuía os teores de cálcio, potássio e fósforo, aumentando o conteúdo de potássio nas folhas e nos pecíolos.

MILLER *et alii* (1961) estudando as relações entre produção de soja e concentrações de fósforo e potássio na planta observaram:

a - Efeitos na Produção:

As produções aumentaram com o aumento nas doses de potássio aplicado, com ou sem fósforo. Foram notadas reduções nas produções, quando doses moderadas a altas de fósforo ($P_2O_5 \geq 71,6$ kg/ha) eram aplicadas com pouco ou sem potássio ($K_2O \leq 40,3$ kg/ha). Havia pequeno efeito na produção, causado por uma dose moderada de fósforo ($P_2O_5 = 71,6$ a $161,2$

kg/ha) na presença de uma dose moderada de potássio ($K_2O = 71,6$ a $161,2$ kg/ha), mas havia um efeito positivo na produção com alta dose de fósforo ($P_2O_5 \geq 219,5$ kg/ha) aplicada com alta dose de potássio ($K_2O \geq 219,5$ kg/ha). Aumentos na produção para o fósforo aplicado foram obtidos apenas quando o suprimento de potássio era adequado. Apesar de que aumentos na produção foram obtidos para doses moderadas e altas de potássio quando o suprimento de fósforo era baixo ($P_2O_5 \leq 40,3$ kg/ha), os melhores aumentos na produção foram obtidos para altas doses de potássio apenas quando o suprimento de fósforo era adequado.

b - Efeitos no conteúdo de fósforo e potássio na planta

Doses moderadas a altas de potássio aumentaram o conteúdo de potássio nas plantas e geralmente diminuíram o conteúdo de fósforo, quando aplicados junto com baixas doses de fósforo. Quando doses moderadas a altas de ambos fósforo e potássio eram aplicados, o conteúdo de fósforo na planta aumentava apenas levemente com o fósforo adicionado, enquanto que o aumento do potássio na adubação, aumentava significativamente o conteúdo de potássio na planta. O aumento de potássio na planta pareceu estar intimamente associado com o aumento na produção.

HANWAY e WEBER (1971.c) em experimentos de dois anos de duração num solo com nível baixo para fósforo e muito baixo para potássio (60 ppm de K extraído com solução neutra

1 N NH_4 OAc) observaram que as respostas a adubações fosfata da e potássica não foram significativas. E que doses elevadas de KCl (560 kg/ha de K) reduziram significativamente o peso da planta e a produção de sementes.

BHANGOO e ALBRITTON (1972) conduziram um experimento de campo de três anos de duração, com soja cultivar "Lee" para verificar efeitos de várias doses e combinações de fertilizantes nitrogenados, fosfatados e potássicos na produção de grãos e na concentração em elementos nas folhas e nos grãos. Houve significativas respostas para o nitrogênio e o potássio e para as várias combinações NPK. O fertilizante potássico aumentou a concentração de potássio e diminuiu a de cálcio e magnésio nas folhas.

De Mooy, de acordo com dados não publicados, citados por De MOOY *et alii* (1971), testou o efeito de altas quantidades de fertilizantes fosfatados e potássicos no desenvolvimento das raízes em culturas de campo. Observaram que tanto misturado no solo, como aplicado em sulcos, o superfosfato concentrado ou o cloreto de potássio, não tiveram efeitos nocivos no desenvolvimento das raízes até os níveis de 150 ppm de fósforo e 200 ppm de potássio. De fato, o peso de matéria seca do sistema radicular, aumentou mais que o dobro, neste tratamento. Uma aguda queda no peso da matéria seca do sistema radicular ocorreu com os níveis de 300 ppm de fósforo e 400 ppm de potássio. Relacionaram este efeito com o cloreto de potássio porque as aplicações isoladas de fósforo aumenta-

ram mais ainda, o peso do sistema radicular. Já o clóreto de potássio sozinho não estimulou o crescimento radicular em nenhuma das doses. Observaram que a distribuição uniforme do fertilizante por todo o solo, resultou num desenvolvimento radicular melhor que aplicação em sulcos.

DeMOOY *et alii* (1973) observaram que a falta de respostas à aplicações de fósforo ou potássio podem ser esperadas em lavouras de soja deficientes em nitrogênio, mostrando a importância da boa inoculação. Citam ainda que a soja responde menos ao fósforo e ao potássio que o milho. A razão para isso seria a relativamente alta eficiência da soja na absorção do fósforo e potássio do solo, em comparação com as outras lavouras. A soja apresentou respostas muito pequenas a aplicação de fósforo e potássio mesmo em solos de baixa fertilidade.

LUTZ Jr. e JONES (1975) num experimento conduzido por três anos consecutivos, observaram que nos dois primeiros anos as aplicações de fósforo e potássio não tiveram efeito na produção, mas que no terceiro ano as produções foram menores onde o fósforo e o potássio não foram aplicados. O teor inicial de K^+ no solo era de 235 kg/ha. A concentração de potássio nas folhas não foi alterada pelas adubações no primeiro e no terceiro ano, mas no segundo ano ela foi menor onde não havia sido aplicado o potássio. Observou-se maior concentração de cálcio nas folhas quando nem fósforo ou potássio eram aplicados na camada arável. Não constatarem efeito anta

gônico do potássio em relação ao magnésio.

TERMAN (1977) obteve respostas significativas à aplicação de potássio na cultura da soja. Os teores foliares, na parte vegetativa total e nos grãos aumentaram com o aumento nas doses de potássio. As folhas mostraram significativas relações recíprocas entre concentração de potássio, cálcio e magnésio.

É bastante 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 Mc CLUNG *et alii* (1958), MIYASAKA *et alii* (1960), FRIETAS *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), GUZZELLI *et alii* (1973), LIMA *et alii* (1974), DUTRA *et alii* (1975), FERRARI *et alii* (1976), SOARES (1978), MASCARENHAS *et alii* (1979.a) e ROSOLEM *et alii* (1979).

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

A - 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 alfaça 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.

MC LEAN (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 a pH 8,2.

Entre nós, utiliza-se para nível crítico de K^+ um valor absoluto, expresso por ppm , $\mu\text{g/ml}$ ou e.mg/100 g de K^+ trocável.

VIDOR e FREIRE (1971) no Estado do Rio Grande do Sul, estudando os solos Passo Fundo , Erechim e Santo Ânge-

lo, 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 Erexim 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 e 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 (Tabela 2).

Assim quando o teor de K trocável no solo estava acima de 85 ppm não observaram mais respostas à adubação potássica do solo, caindo grande parte das respostas nas classes muito baixa e baixa ($K^+ < 38 \mu\text{g/ml}$).

FREITAS *et alii* (1966) em um estudo utilizando-se de vinte e quatro ensaios de campo, com o algodoeiro (*Gossypium herbaceum* L.), constataram que solos contendo teores iguais ou superiores a 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 a 0,1 e.mg/100 g de solo ou com saturação no complexo de trocas inferior a 1,5%.

De acordo com GRIMME (1971), o potássio da solução do solo é a fração mais importante para o suprimento da

TABELA 2 - Classes de teor de potássio trocável no solo

Classes	K ($\mu\text{g/ml}$)	Produção relativa %
Muito baixo	0 - 18	0 - 70
Baixo	19 - 37	70 - 90
Médio	38 - 85	90 - 100
Alto	86 - 170	> 100
Muito alto	+ 171	> 100

planta. E dentro dos conhecimentos atuais recomenda como ôtima 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, 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 conteũdo daquele, de modo a garantir suficiente concentração de potássio na solução do solo.

FUZATTO e FERRAZ (1967) num estudo de cento e setenta e oito ensaios de adubação do algodoeiro (*Gossypium herbaceum* L.), realizados em vários tipos de solo do Estado de São Paulo, observaram que uma regressão múltipla de 1º grau, descrevendo o efeito da adubação potássica em função da relação $\text{Ca}^{+2} / \text{K}^{+2}$ e do teor de K^{+} , revelou um coeficiente $R = 0,84^{**}$, explicando cerca de 65% da variação das respostas. E considerando as correlações simples lineares, a relação $\text{Ca}^{+2} / \text{K}^{+2}$ explicou 59% do efeito da adubação, ao passo que a parte esclarecida pelo teor de K^{+} , isoladamente, não ultrapassou os 23%.

SILVA (1971) obteve correlação linear entre respostas do algodoeiro (*Gossypium herbaceum* L.) à adubação potássica e valores de análises de solo, em quinze ensaios fatoriais, conduzidos em Latossolo Roxo, no Estado de São Paulo. Observou que o teor de relação $\text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2} / \text{K}^{+2}$ do solo, con-

siderado isoladamente, mostrou-se como o principal índice cor relacionado aos efeitos de adubação potássica.

O uso das relações entre os cátions apresentados nas análises químicas de solo, são também de utilidade, para a cultura da soja.

SOARES (1978) trabalhando com a cultivar Santa Rosa em ensaio de vaso, com dois tipos de solos, Latossolo Roxo (LR) e Latossolo Vermelho Escuro, fase arenosa (LEa) e com quatro níveis de potássio trocável no solo (original ; 0,10 ; 0,20 e 0,40 e.mg K^+ / 100 g TFSA) e dois valores da relação Ca/Mg no solo (5/1 e 10/1) observou que:

- a - a altura da planta foi influenciada pela adubação potás-sica, mas este efeito não foi consistente durante o de-senvolvimento e variou com o tipo de solo;
- b - a produção de matéria seca foi beneficiada pela adubação potássica em baixas doses e em altas doses foi deprimida;
- c - os teores de potássio, cálcio e magnésio na planta, relacionaram-se diretamente com os seus níveis no solo;
- d - houve efeitos, sinérgico, em baixos níveis de potássio no solo, e antagônico, em altos níveis de potássio no solo, bem caracterizado, na absorção do cálcio e do magnésio , e em média, esses efeitos foram maiores sobre a absorção do cálcio do que sobre a do magnésio;
- e - ocorreu sinergismo, bem caracterizado, do cálcio na ab-sorção do potássio, mas o magnésio não influenciou a ab-sorção desse cátion.

f - alta relação Ca/Mg no solo produziu efeito depressivo, bem caracterizado, em ambos os solos, na produção de matéria seca.

B - Período de duração dos experimentos

—RITCHEY (1979) cita que os solos altamente intemperizados dos trópicos são pobres em argilas do tipo expansivas e apresentam baixo conteúdo em minerais primários com potássio capazes de intemperização. Assim, o potássio trocável é a única fonte importante de potássio no solo para as culturas.

—MUZILLI *et alii* (1977) citam que a implantação das lavouras de soja e de trigo no Estado do Paraná, caracterizou-se por um processo de uso intensivo e contínuo dos solos. As adubações eram feitas com fórmulas predominantemente fosfatadas, devido às poucas constatações de resposta ao potássio no Estado do Paraná. Após anos de uso intensivo do solo com pouco ou às vezes nada de potássio, começou-se a observar em inúmeras lavouras neste Estado problemas relacionados direta ou indiretamente com a deficiência de potássio, quer em termos de queda de produtividade, quer através de outros sintomas como acamamento de plantas, aumento de incidência de moléstias, etc.

—De acordo com KEMMLER e MALICORNET (1976) não se pode fazer recomendações de fertilizantes, baseados em resultados de experimentos de apenas uma estação. Recomendam

que os ensaios sejam repetidos várias vezes no mesmo local até que uma conclusão confiável seja obtida. E com esta repetição no mesmo local, com uma sucessão de culturas, têm-se também informações sobre os efeitos cumulativos da aplicação de fertilizantes, na produção.

Grande parte de nossa literatura sobre a adubação da soja reporta resultados de experimentos de apenas um ano de duração. No entanto, alguns trabalhos com mais de um ano de duração também são citados na literatura, alguns apresentando respostas positivas. Assim, MIKKELSEN *et alii* (1963) observaram experimento realizado em solo de campo cerrado, que o potássio não mostrou nenhum benefício na produção da soja. Já no segundo ano, observou-se no entanto, aumento de 82% em relação a testemunha.

BORKERT *et alii* (1975) em solos do Planalto Rio grandese, na sucessão soja - trigo trabalhando durante três anos, observaram que após a redução inicial de potássio disponível, que ocorreu nos solos francos, já nos primeiros cultivos, a resposta à adubação potássica manifestou-se de forma crescente à medida que o solo foi cultivado.

Trabalhos com resultados pouco significativos em experimentação com mais de um ano de duração são também reportados. Assim, MIYASAKA *et alii* (1960) com soja em gleba de terra roxa misturada ($K^+ = 0,38$ e.mg/100 g de solo e $K\% = 4,90$), num experimento de três anos de duração, não observaram reações à adubação potássica.

MIYASAKA *et alii* (1962) em ensaio com soja instalado em solo "terra roxa misturada com argilito do glacial" ($K^+ = 0,07$ e.mg/100 g do solo e $K\% = 0,72$) observaram que a aplicação do potássio teve efeito positivo e linear, embora não significativo. O aumento de produção devido a este elemento foi da ordem de 10%.

MASCARENHAS *et alii* (1968) em experiência de adubação da soja, conduzida por dois anos, no Planalto Paulista, numa área de Latossolo Roxo com vegetação de cerrado ($K^+ = 0,05$ e.mg/100 g do solo e $K\% = 0,90$) observaram que a resposta ao potássio (60 e 120 kg/ha de K_2O) foi pequena, mas positiva. Os autores não tem explicação pelo fato do diminuído efeito encontrado para o potássio pois pela análise, o solo era deficiente nesse elemento.

MASCARENHAS *et alii* (1969) em ensaio de adubação e calagem na soja, em solo Latossolo Roxo ($K^+ = 0,08$ e.mg/100 g do solo e $K\% = 1,07$), com três anos de duração, tendo sido colhido apenas nos anos inicial e final, observaram que o efeito do potássio foi ligeiramente positivo. A calagem e o potássio se beneficiaram mutuamente.

MASCARENHAS *et alii* (1970) estudando na cultura da soja o efeito de doses crescentes de calcário, fósforo e potássio em solo podzolizado vermelho amarelo, variação Piracicaba ($K^+ = 0,57$ e.mg/100 g de solo e $K\% = 3,29$), num experimento de dois anos de duração observaram que devido à boa

provisão do solo em potássio trocável, não houve reação à adu**bação** potássica.

C - Distribuição do fertilizante no solo

Oliver e 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, conforme dados apresentados na Tabela 3.

A identificação dos mecanismos envolvidos no contato íon - raiz possibilitou melhor estudo da distribuição de fertilizantes no solo.

COREY (1973) usa a seguinte equação para ilustrar os fatores que são importantes na determinação da taxa de difusão de um nutriente para a superfície da raiz:

$$\frac{dq}{dt} = D \cdot A \cdot P \cdot \frac{C_1 - C_2}{L}$$

onde:

dq / dt : representa a taxa de difusão para a superfície da raiz (quantidade difundida na unidade de tempo);

TABELA 3 - Suprimento de potássio às raízes da soja pelos mecanismos de intercepção radicular, fluxo massal e difusão .

Potássio	Taxa de transpiração		
	Baixa	Média	Alta
	mg K por vaso		
K absorvido	61,6	65,1	61,7
K por intercepção radicular	1,1	1,7	2,4
K por fluxo massal	1,4	3,3	5,7
K por difusão	59,1	60,1	53,6

- D : é o coeficiente de difusão do nutriente considerado, em água;
- A : é a área total externa das raízes das plantas;
- P : é a fração do volume do solo ocupado pela água;
- C_1 : é a concentração do nutriente na solução do solo a uma distância L da superfície da raiz;
- C_2 : é a concentração do nutriente na solução do solo na superfície da raiz ; e
- L : é a distância de onde C_1 foi medido até a superfície da raiz.

Esta equação permite identificar os fatores que afetam a taxa de difusão para as raízes:

a - Fator P. Representa a fração do volume total do solo contendo água. Como a taxa de difusão dependerá do conteúdo de água do solo é de se esperar para uma mesma concentração na solução do solo, difusão mais rápida em solos argilosos que em solos arenosos, devido à maiores capacidades daqueles em reter água à um dado potencial de água, do que estes últimos.

b - A magnitude de $\frac{C_1 - C_2}{L}$. Concentrações desiguais de um nutriente fornecem a energia para a difusão. Assim, se C_1 é a concentração na solução de solo e C_2 , na superfície radicular, maior será a taxa de difusão quanto maior for C_1 e quanto menor for C_2 , no caso de L ser constan-

te. Assim, a habilidade de uma planta em absorver nutrientes até concentrações muito baixas (C_2) contribue para uma maior taxa de difusão, do mesmo modo que faz uma alta concentração inicial (C_1). O fator distância, L , dependerá de capacidade do solo em repor os nutrientes absorvidos pela planta.

- c - O fator A. Representa a superfície radicular total para a absorção e é um fator extremamente importante. Uma mesma quantidade de nutriente pode ser absorvida a uma menor taxa por unidade de área de superfície se a superfície total absorvente for maior. Logo, a extensão do sistema radicular é um fator importante afetando o mecanismo de absorção via difusão. O desenvolvimento das raízes seguindo a distribuição espacial dos nutrientes e água disponível, é especialmente importante. Os nutrientes, tanto os nativos como os adicionados ao solo, tendem-se a concentrar na camada arável. Contudo, esta camada tende a secar durante os períodos de seca e a disponibilidade dos nutrientes é dramaticamente reduzida. Assim, a disponibilidade de nutrientes em anos de seca pode ser consideravelmente aumentada se há suprimentos tanto de água como de nutrientes no subsolo e se a distribuição de raízes neste local for adequada.

Segundo MIELNICZUK (1978) as adubações em sulco mantêm o valor C_1 elevado, mas atingem pequena área radicu

lar, ao passo que adubações a lanço mantêm C_1 baixo, porém atingem grande área radicular. Para uma adubação ideal sugere a combinação das duas (linha + lanço) ou em faixas atingindo a parte da área radicular com maior concentração.

SOUZA *et alii* (1979) estudaram o balanço do equilíbrio do potássio no solo pela equação: potássio adicionado + potássio trocável = potássio absorvido + potássio trocável remanescentes, em Latossolo Vermelho - Escuro álico com doses de K_2O variando de 0 , 75 , 150 , 300 e 600 kg/ha, aplicados em área total. Observaram que abaixo da profundidade de 30 cm, a lixiviação ocorreu com pequena intensidade para a dose de 300 kg/ha de K_2O e com grande intensidade para a dose de 600 kg/ha de K_2O .

RITCHEY (1979) comentando os resultados obtidos por Souza *et alii* (1979) sugere que as perdas ocorridas com doses de 600 kg/ha de K_2O aplicada em área total poderiam também ocorrer abaixo das linhas de aplicação, quando doses menores, como por exemplo de 60 kg/ha, fossem aplicadas em sulcos, em lavouras como o milho, devido à concentração da dose numa pequena fração da área total cultivada.

NELSON e HANSEN (1968) explicam o ciclo de evolução observado nos Estados Unidos da América na distribuição do fertilizante no solo, na cultura do milho (*Zea mays* L.):

- a - Inicialmente baixas doses de fertilizantes, como 100 kg/ha de 02 - 12 - 02 ($N - P_2O_5 - K_2O$) eram colocadas direta-

mente com a semente e nenhum outro fertilizante era adicionado. A planta tinha um bom desenvolvimento inicial, mas a seguir sofria falta de nutrientes.

- b - Como as concentrações em nutrientes foram aumentando, as adubadeiras tiveram que adaptar um separador, para evitar o contato direto dos fertilizantes com as sementes.
- c - Com maiores doses e também concentrações ainda maiores nas fórmulas dos fertilizantes, foi necessário uma melhor separação entre estes e as sementes. Assim, foi desenvolvido o sistema de distribuição em sulco 5 cm abaixo e 5 cm ao lado da semente. Exceto para o nitrogênio aplicado em cobertura em alguns solos, o restante era todo aplicado desta forma.
- d - Um melhor conhecimento das necessidades em fertilizantes para as altas produções desejadas, levou a novo aumento nas doses. Este aumento nas doses e a necessidade de ganhar tempo e economizar em mão-de-obra por ocasião da semeadura, fez com que muitos agricultores mudassem para o sistema de aplicar grandes doses em área total, incorporadas com arado ; as doses menores em sulcos, eram colocados por ocasião da semeadura.
- e - Em solos contendo um alto nível de fertilidade, a adubação em sulco tornou-se então menos importante, exceto para uma pequena quantidade perto da semente, para dar o arranque inicial às plantas. As doses tanto corretivas como de manutenção são aplicadas em área total.

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 efeito 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 po-

tássio, 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.

D - Salinidade causada pela adubação

DUNKLE e 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 a 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 dose 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.

ABEL e MACKENZIE (1964) estudaram a tolerância à salinidade nas cultivares da soja N 53 - 505 , B 54 - 842 , Improved Pelican e Jackson, consideradas susceptíveis e nas cultivares N 53 - 509 e Lee, consideradas tolerantes à salinidade. Os testes foram conduzidos em dois estágios: na germinação e no desenvolvimento posterior das plantas. O teste de germinação feito à temperatura de $28^{\circ}C \pm 1$ e com a salinidade do solo variando entre 3,1 a 13,7 mmho/cm mostrou diferenças significativas entre as cultivares. O ensaio de campo com as

mesmas cultivares, variando a salinidade de 5,0 a 10,2 mmho / cm, mostrou as seguintes alterações: 1) aumento na mortalidade das plantas ; 2) aumento na necrose foliar ; 3) redução na cor verde das folhas ; 4) redução no peso seco de ramas ; 5) diminuição na produção de sementes ; 6) diminuição na qualidade das sementes; e 7) aumento na acumulação do cloro nos caules e folhas. A salinidade diminuiu o peso da planta e o tamanho das folhas para todas as variedades, essencialmente na mesma quantidade.

As variedades tolerantes mantiveram a absorção de cloro a um nível excessivamente baixo. As variedades mais sensíveis acumularam grande quantidade de cloro e a morte das plantas ocorreu quando a concentração de cloro no pecíolo e na folha excedia a 15.000 ppm e 30.000 ppm respectivamente. As variedades resistentes tiveram queda de 50% na sua produção com 9,6 e 10,2 mmho/cm respectivamente para Lee e N53-509 ; nestes valores de salinidade as outras variedades não sobreviveram.

LAVADO (1973) observou em condições de casa de vegetação, a resistência de três variedades de soja a salinidade. E, de acordo com o critério pelo qual o limite ou o índice de tolerância a sais é o valor da condutividade elétrica no qual há diminuição no rendimento de 50% , obteve os seguintes valores: Chipewa , 9,8 mmho/cm ; Hawkeye , 9,2 mmho/cm e Merit , 8,8 mmho/cm.

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 assim, concluíram que os sintomas eram causados pela salinidade do solo provocada pelo cloreto de potássio.

SEPASKHAH (1977), estudando em ensaio conduzido em casa de vegetação, o efeito de três níveis de salinidade do solo (3 , 5 e 10 mmho/cm) com deficiência hídrica em diferentes fases do desenvolvimento da soja, verificou que para todos os níveis, a falta de água foi mais crítica no período de enchimento das vagens, reduzindo a produção e o peso das sementes. Observou redução de 50% na produção quando a condutividade elétrica da pasta saturada era maior que 5 mmho/cm.

MASCARENHAS *et alii* (1979.a), estudaram resposta de cinco cultivares de soja (Biloxi , Davis , Lee - 68 , IAC - 3 e Santa Rosa) semeados em vasos, contendo solo Latossolo Roxo, incubados a 3 , 9 , 27 e 81% de saturação em potássio, correspondentes a 70 , 232 , 720 e 2.176 kg/ha de K_2O , considerando-se camada arável de 10 cm do solo.

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 subiram da faixa

inicial de 1.900 , 6.600 , 2.900 , 4.700 e 9.100 ppm na dose 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.

ABEL (1969) observou que as raízes da soja tem a capacidade de absorver cloro em grandes quantidades, mas que o subsequente transporte para as partes aéreas é controlado geneticamente. Assim, algumas variedades acumulam quantidades relativamente grandes de cloro na parte aérea ; outras excluem-no quase completamente.

Fenômeno idêntico foi observado no Brasil, por Miranda *et alii*, citado por BATAGLIA (1977), em plantas cultivadas em vasos com a mesma adubação havendo diferentes acumulações de Cl (ppm) entre as cultivares: Paranã 28.755 , Lee-68 3.594 e IAC - 3 1.731.

MALAVOLTA (1980), em estudos conduzidos em solução nutritiva verificou com os cultivares IAC-2 , UFV-1 e Viçosa que a toxicidade de Cl pode em grande parte ser neutralizada, aumentando-se o fornecimento de cálcio na forma de sulfato de cálcio ; observou igualmente que o efeito favorável

do alto fornecimento de cálcio não esteve associado com diminuição no teor de cloro nas folhas.

De acordo com AHI e POWERS (1938) os sais solúveis podem causar danos às plantas de várias maneiras: impedindo a absorção de água ; por toxicidade devido a excesso de sais ou seus íons ; por inibição de atividades biológicas ; pelos efeitos na germinação ou pela produção de condições físicas anormais no solo.

WINTER (1976) apresenta na Tabela 4 a tolerância relativa ao íon cloreto por diferentes plantas. Apesar de não especificada na Tabela 4 , pode se supor que a soja também cairia no grupo das muito sensível, junto com o feijão.

Uma excelente fonte de informações sobre salinidade é U. S. SALINITY LABORATORY (1954), de onde foram tiradas as Tabelas 5 , 6 e 7 .

A Tabela 8 , preparada por Rader *et alii* (1943) citados por JONES (1979), mostra que os índices salinos dos fertilizantes nitrogenados e potássicos são mais elevados que os dos fosfatados, podendo causar maiores danos à germinação, quando colocados junto ou muito perto das sementes.

TABELA 4 - Tolerância de algumas culturas à concentração de íon cloreto no solo, à capacidade de campo

Concentração de Cloreto (g Cl ⁻ / l)	Culturas que sofrem 10% de redução na produção			Taxa de sensibilidade
0,35	morango	tulipa	feijão	trevo
	maçã	narciso	ervilha	milho
	ameixa	azaléia	cebola	muito sensível
0,75	uva	rosa	cenoura	crista-de-galo
		crisantemo	alface	prado
				rabo de raposa
1,45				trigo
	cravo		repolho	aveia
	clematite		batata	alfafa
			beterraba-vermelha	centeio
				beterraba-branca
2,50	manga	asparago	couve-galega	tolerante
		espinafre	cevada	

TABELA 5 - Classificação dos solos afetados por sais, de acordo com a condutividade elétrica e a saturação em sódio

Grupos de Solos	Condutividade elétrica do extrato de saturação a 25°C (mmho/cm)	Saturação da CTC (pH 8,2) com sódio, em %
Solo salino - não sódico	> 4	< 15
Solo salino - sódico	> 4	> 15
Solo não salino - sódico	< 4	> 15
Solo não salino - não sódico (normal)	< 4	< 15

TABELA 6 - Faixas de salinidade do solo e níveis de tolerância apresentados pelas plantas

Condutividade elétrica mmho/cm a 25°C	Nível de tolerância
0 - 2	Efeitos salinos quase negligíveis
2 - 4	Plantas muito sensíveis podem ter produções afetadas
4 - 8	Produções de muitas plantas <u>afetadas</u>
8 - 16	Apenas plantas tolerantes produzem satisfatoriamente
> 16	Apenas poucas plantas muito tolerantes produzem satisfatoriamente

TABELA 7 - Tolerância relativa de algumas culturas a sais
(*)

Alta	Média	Baixa
C.E. x 10 ³ = 16	C.E. x 10 ³ = 10	C.E. x 10 ³ = 4
cevada	centeio	feijões
beterraba	trigo	
colza	aveia	
algodão	arroz	
	sorgo	
	algodão	
	linho	
	girassol	
	mamona	
C.E. x 10 ³ = 10	C.E. x 10 ³ = 6	

(*) Os números seguindo C.E. x 10³ são valores da condutividade elétrica do extrato de saturação em milimho por centímetro a 25°C, associados com 50% de diminuição na produção.

TABELA 8 - Índice salino por fertilizante e por unidade de nutriente

Material	Índice salino	Índice salino por unidade de nutriente
amoníaco anidro 82,2%	47,1	0,572
nitrato de amônio 35,0%	104,7	2,990
nitrocálcio 20,4%	61,1	2,982
fosfato amoniacal (11 - 48 - 00)	26,9	2,442
sulfato de amônio 21,2%	69,0	3,253
calcário	4,7	0,083
cálcio - cianamida	31,0	1,476
nitrato de cálcio	52,5	4,409
sulfato de cálcio	8,1	0,247
fosfato de di - amônio	29,9	1,614
kainita 13,5%	105,9	8,475
kainita 17,5%	109,4	6,253
sais fertilizantes 20%	112,7	5,636
sais fertilizantes 30%	91,9	3,067
fosfato de mono - amônio	34,2	2,453
fosfato mono - cálcico	15,4	0,274
nitrato de sódio	100,0	6,060
solução N 37%	77,8	2,104
solução N 40%	70,4	1,724
cloreto de potássio 50%	109,4	2,189
cloreto de potássio 60%	116,3	1,936
cloreto de potássio 63%	114,3	1,812
nitrato de potássio	73,6	5,336
sulfato de potássio	46,1	0,853
sulfato de potássio e magnésio	43,2	1,971
cloreto de sódio	153,8	2,899

3 - MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho constou de um experimento de campo e de um teste de incubação de solo realizado em laboratório.

3.1 - ENSAIO DE CAMPO

3.1.1 - Solo

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 SO
LOS (1960), um Latossolo Roxo (Haplustox). Esta unidade de ma
peamento, é constituída de solos muito profundos, argilosos ,
bem drenados e de coloração arroxeada, formados a partir de ro
chas eruptivas básicas. A pequena variação das características

morfológicas faz com que os vários sub-horizontes se apresentem pouco individualizados, com transições variando de graduais a difusas.

A análise química de amostra de solo retirada dos canteiros experimentais revelou os dados apresentados na Tabela 9.

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).

3.1.2 - Tratamentos

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

- a - a lãço, em prẽ-plantio, em área total e incorporadas com enxada na profundidade de aração;
- b - em sulco lateral e paralelo a linha de semeadura, mantendo a distância de 5 cm ao lado e 5 cm abaixo das sementes.

Os tratamentos em número total de sete estão resumidos na Tabela 10.

TABELA 9 - Resultados da análise química do solo

pH em	M.O.	e.mg / 100 de solo						V
H ₂ O	(%)	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 31,9
(*) Extrator		H ₂ SO ₄ 0,05 N						

TABELA 10 - Tratamentos testados: métodos de distribuição e doses de K₂O na forma de cloreto de potássio

Método de distribuição	Doses de K ₂ O (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 lãço e incorporados ao solo com enxada.

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

3.1.3 - Delineamento experimental

O delineamento utilizado foi o de blocos casualizados, definido em 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.

3.1.4 - Cultivar utilizada

Foi utilizada a cultivar de soja UFV - 1, com sementes cedidas pelo Instituto Agronômico de Campinas, SP.

Segundo MIRANDA *et alii* (1977) a UFV - 1 é uma cultivar de crescimento determinado, pubescência de cor marrom, flor de cor roxa, semente amarela e hilo marrom. O teor médio de óleo é de 20,5% e o de proteína, 40,6%. Na região da Mogiana, apresenta como características médias, ciclo com-

pleto 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.

3.1.5 - Análise foliar

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 3.^a a partir do âpice da haste do âpice principal da planta.

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

3.2 - TESTE DE INCUBAÇÃO

3.2.1 - Solo

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

3.2.2 - Doses de cloreto de potássio

Em sacos plásticos contendo 2 kg de TFSA foram adicionados as doses de K_2O , 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.

3.2.3 - Tempo e umidade de incubação

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),

$$P = 1 - \frac{S'}{S}$$

onde,

P = porosidade total

S = massa específica real (g/cm^3) e

S' = massa específica aparente (g/cm^3).

Admitiu-se como $S = 2,9 \text{ g/cm}^3$ para o Latossolo Roxo, de acordo com MARCOS (1980) (*).

3.2.4 - Análise do solo

Após a incubação fez-se as seguintes análises:

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

(*) Informação pessoal - Departamento de Solos, Geologia e Fertilizantes. ESALQ/USP. Piracicaba, SP.

4 - RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 - ENSAIO DE CAMPO

4.1.1 - 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 a meados de fevereiro, não houve

ve 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 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 íons em excesso.

4.1.2 - Produção em grãos

Na Tabela 11 temos os dados das produções obtidas nos vários tratamentos. A Tabela 12 com a análise da variância, revelou ausência de respostas aos tratamentos testados. Confeccionou-se a Tabela 13, 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.

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

TABELA 11 - 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	1.768	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 12 - Análise da variância: Produção (kg/ha)

Causa de variação	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		

C. V. = 11,4%

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade

ns Não significativo

TABELA 13 - Análise da variância: Produção (kg/ha) com desdobramento dos seis graus de liberdade de tratamentos

Causa de variação	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	6	111.029,8571	18.504,9762	0,49 ns
Resíduo	18	683.873,2858	37.992,9603	
TOTAL	27	1.223.367,8571		

melhores condições de observar não apenas possíveis respostas positivas à adubação, mas também com o carregamento sucessivo nas doses, algum possível efeito salino.

4.1.3 - Análise foliar

Observa-se na Tabela 14 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 e KAMPRATH (1966), com exceção do nitrogênio no tratamento testemunha que foi considerado alto. O cloro não é citado na Tabela 1, mas de acordo com as observações de ABEL e MACKENZIE (1964) e MASCARENHAS (1979), os valores observados estão dentro do nível de segurança.

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 e ALBRITTON (1972), TERMAN (1977) e SOARES (1978) eram esperados efeitos da adução 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 também por AUSTIN (1930), LUTZ Jr. e JONES (1975) e MASCARENHAS *et alii* (1979.a).

TABELA 14 - Concentração dos elementos na folha por ocasião do florescimento (média de quatro repetições)

Tratamentos		Elementos					
Métodos de distribuição	K ₂ O kg/ha	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
Área total	50	5,18	0,295	2,18	1,14	0,41	266
Área total	100	5,43	0,303	2,26	1,13	0,37	288
Área 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

A análise de correlação entre teores foliares em nutrientes e a produção, mostrou que a nível de significância de 5% apenas o teor de potássio foliar 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 e ALBRITTON (1972), TERMAN (1977) e SOARES (1978).

4.2 - TESTE DE INCUBAÇÃO

4.2.1 - Análise química do solo

A influência das doses de KCl nas características químicas do solo podem ser observadas na Tabela 15. 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 dose de KCl de 12.800 kg/ha de K₂O, o pH em água aproxima bastante do pH medido com 1 N KCl.

TABELA 15 - Influência de doses de cloreto de potássio em algumas características químicas do solo

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

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 BORKERT (1973) e WESTERMANN *et alii* (1971) o KCl aumenta o nível do Mn^{+2} trocável. Isto não foi observado tanto na extração com HCl como com o NH_4OAc . No entanto, como veremos a seguir influenciou no teor de Mn^{+2} do extrato de saturação.

4.2.2 - 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 16.

4.2.2.1 - Condutividade elétrica (C.E.)

A condutividade do extrato de saturação subiu do valor inicial de 0,20 mmho/cm para 30,20 mmho/cm para o solo incubado com 12.800 kg/ha de K_2O , como cloreto de potássio.

TABELA 16 - Condutividade elétrica (mmho/cm) e cátions solúveis no ex-
trato de saturação de solos, incubados com doses crescen-
tes 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

De acordo com DUNKLE e MERKLE (1943) , U. S. SALINITY LABORATORY (1954) , ABEL e MACKENZIE (1964) e LAVADO (1973), há variedades de soja resistindo a 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 16 , que para atingir o valor de 4,15 mmho/cm , necessitamos de 1.600 kg/ha de K_2O .

Em outras palavras, no solo estudado, para que o cloreto de potássio cause dano salino, sem considerar lavagens de excesso de sais através da lixiviação pela água da chuva, seriam necessários 1.600 kg/ha de K_2O ou 2.667 kg/ha de cloreto de potássio aplicados em área total e incorporados ao solo. Quando se considera nos dados de MASCARENHAS (1979.b) , 1 ha de solo como sendo correspondente a 2.000 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.

Os resultados observados neste teste de incubação, precisam ser melhor comprovados, utilizando-se de diferentes tipos de solos.

4.2.2.2 - Cátions solúveis (mg/l)

Dos cinco cátions solúveis medidos, cálcio, mag_unésio, 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 pode ser explicado pelo baixo teor natural de sódio nestes solos, que segundo a COMISSÃO DE SOLOS (1960) é de 0,3 a 0,5 e.mg/100 g de solo.

E dada a pequena força com que ela está retida pela micela coloidal, de acordo com a sequência de Hofmeister (FASSBENDER, 1975), pouco seria o efeito das doses crescentes de cloreto de potássio no aumento da sua extração.

Conforme também observados 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.

4.3 - OBSERVAÇÕES GERAIS

- a - A experimentação agrônômica no Brasil, com o fertilizante potássio, tem-se preocupado principalmente com 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 fôssem 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 K_2O 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 NPK em área total em pré-plantio, em solos cultivado há muitos anos, onde o problema de fixação de fósforo seria mínimo.

5 - CONCLUSÕES

- a - 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 K_2O fornecidas como cloreto de potássio.
- b - Não se observou diferenças na produção entre a distribuição do cloreto de potássio no sulco e à lança.
- c - A análise foliar não acusou nenhuma influência dos tratamentos nas concentrações a nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e cloro nas folhas.
- d - Houve correlação positiva entre a concentração de potássio nas folhas e a produção.

- e - Durante o desenvolvimento da planta, não foi observado nenhum sintoma de dano salino causado pelo cloreto de potássio.
- f - 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.
- g - Para atingir uma condutividade elétrica de 4,15 mmho/cm, foi necessária a dose de 1.600 kg/ha de K_2O equivalente a 2.667 kg/ha de cloreto de potássio, supondo aplicação em área total e incorporada a profundidade de aração.

6 - LITERATURA CITADA

- ABEL, G. H., 1969. Inheritance of the capacity for chloride inclusion and chloride exclusion by soybeans. Crop Sci., Madison, 9: 697-98.
- ABEL, G. H. e A. J. MACKENZIE, 1964. Salt tolerance of soybean varieties (*Glycine max* (L.) Merrill) during germination and later growth. Crop Sci., Madison, 4(2): 157-61.
- AHI, S. M. e W. L. POWERS, 1938. Salt tolerance of plants at various temperature. Plant Physiol., Lancaster, 13(4): 767-89.
- AUSTIN, R. H., 1930. Effect of soil type and fertilizer treatment on the composition of soybean plant. Journal of the American Society of Agronomy, Washington, 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. ; R. D. MUNSON e W. B. DANCY, 1971. Production, marketing and use of potassium fertilizers. In: DINAUER, R. C., Ed. Fertilizer Technology and Use. 2^a ed. Madison, Soil Science Society of America. p. 331.
- BATAGLIA, O. C. ; H. A. A. MASCARENHAS ; J. P. F. TEIXEIRA ; O. TISSELI FILHO, 1976. Acúmulo de matéria seca e nutrientes em soja, cultivar Santa Rosa. Bragantia, Campinas, 35: 237-47.
- BATAGLIA, O. C. ; H. A. A. MASCARENHAS e S. MIYASAKA, 1977. Nutrição mineral da soja. In: FUNDAÇÃO CARGILL. A Soja no Brasil Central. Campinas. p. 57-83.
- BATAGLIA, O. C. ; J. P. F. TEIXEIRA ; P. R. FURLANI ; A. M. C. FURLANI e J. R. GALLO, 1978. Métodos de análise química de plantas. Circular do Instituto Agronômico, Campinas, nº 87. 31 p.
- BEAR, F. E. ; A. L. PRINCE e J. L. MALCOLM, 1944. The potassium supplying powers of 20 New Jersey soils. Soil Sci., Madison, 58(1): 139-49.
- BHANGOO, M. S. e D. J. ALBRITTON, 1972. Effect of fertilizer nitrogen, phosphorus and potassium on yield and nutrient content of Lee soybeans. Agron. J., Madison, 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. 97 p. (Mestrado - UFRGS).

- BORKERT, C. M. ; O. J. F. SIQUEIRA ; R. A. KOCHHANN ; H. R. BARTZ ; D. SCHOLLES e J. A. MARTINI, 1975. Considerações sobre a disponibilidade de potássio em alguns solos do Planalto Riograndense, em relação ao K aplicado no solo e ao sistema de cultivo trigo e soja. In: REUNIÃO CONJUNTA DE PESQUISA DE SOJA - RS/SC, 3., Passo Fundo, 1975. p. 47-56.
- BRAGA, J. M. ; B. V. DEFELIPO e D. ANDRADE, 1972. Adubação da soja em solos sob vegetação de cerrado na região do Triângulo Mineiro. Revista Ceres, Viçosa, 19(101): 52-62.
- CATANI, R. A. ; J. R. GALLO e H. GARGANTINI, 1955. Amostragem de solo, métodos de análise, interpretação e indicações gerais para fins de fertilidade. Boletim do Instituto Agrônomo, Campinas, nº 69. 29 p.
- COMISSÃO DE SOLOS, 1960. Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado de São Paulo. Boletim 12, Rio de Janeiro. 634 p.
- CORDEIRO, D. S. ; J. R. SARRUGE ; H. P. HAAG ; G. D. OLIVEIRA e R. I. SILVEIRA, 1979. Extração de macronutrientes pela soja (*Glycine max* (L.) Merrill) em função dos níveis de NPK. Anais da E. S. A. "Luiz de Queiroz". Piracicaba, 36: 551-603.
- COREY, R. B., 1973. Factors affecting the availability of nutrients to plants. In: WALSH, L. M. e J. D. BEATON, Ed. Soil Testing and Plant Analysis. Madison, Soil Science Society of America. p. 23.33.

- DEMATTE, J. L. I., 1978. Apostila do Curso de Gênese e Classificação de Solos. Piracicaba, ESALQ/USP. Cap. 1. p. 68.
- DeMOOY, C. J. ; J. PESEK e E. SPALDON, 1971. Mineral nutrition. In: CALDWELL, B. E., Ed. Soybeans: Improvement, Production and Uses. Madison, American Society of Agronomy. p. 328.
- DeMOOY, C. J. ; J. L. YOUNG e J. D. KAAP, 1973. Comparative response of soybeans and corn to phosphorus and potassium. Agron. J., Madison, 65: 851-55.
- DUNKLE, E. C. e F. G. MERKLE, 1943. The conductivity of soil extracts in relation to germination and growth of certain plants. Soil Science Society Proceedings, Madison, 8(2): 185-88.
- DUTRA, L. G. ; J. PEREIRA ; J. M. BRAGA e A. S. REGO, 1975. Efeito da adubação nitrogenada, fosfatada e potássica na produção da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) e do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) em latossolo vermelho escuro textura média, nos municípios de Goiânia e Anápolis, Goiás. Revista Ceres, Viçosa, 22(123): 341-58.
- EGLI, D. B. e J. E. LEGGET, 1973. Dry matter accumulation patterns, in determinate and indeterminate soybeans. Crop. Sci. Madison, 13(2): 220-22.
- FASSBENDER, H. W., 1975. Química de suelos con ênfasis en suelos de America Latina. Turrialba, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA. p. 333.

- FERRARI, R. A. R. ; J. M. BRAGA ; C. S. SEDIYAMA e L. M. OLIVEIRA, 1976. Resposta 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, Viçosa, 23(125): 11-20
- FREITAS, L. M. M. ; A. C. MC CLUNG e F. P. GOMES, 1966. Determinação das áreas deficientes em potássio para o cultivo do algodão. Fertilité, Paris, 26: 37-47.
- FREITAS, L. M. M. ; A. C. MC CLUNG e W. L. LOTT, 1960. Experimento de adubação em dois solos de campo - cerrado. Boletim do IBEC Research Institute, São Paulo, nº 21 , 32 p.
- FUZATTO, M. G. e FERRAZ, C. A. M., 1967. Correlação entre o efeito da adubação potássica em algodoeiro e a análise química do solo. Bragantia, Campinas, 26: 345-52.
- GLÓRIA, N. A. ; R. A. CATANI e T. MATUO, 1964. Método do EDTA na determinação do cálcio e magnésio "trocável" do solo. Anais da E. S. A. "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 21-22: 220-28.
- GOMES, F. P., 1963. Curso de Estatística Experimental. Piracicaba, ESALQ/USP. p. 79.
- GRIMME, H. ; K. NÉMETH e L. C. von BRAUNSCHWEIG, 1971. Some factors controlling potassium availability in soils. Proceedings of the International Symposium on Soil Fertility Evaluation, New Delhi, 1: 33-43.

- GROHMANN, F., 1975. Porosidade. In: MONIZ, A. C., Ed. Elementos de Pedologia. Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos Editora S. A., p. 77.
- GUZZELLI, R. J. ; J. F. MENDES ; G. R. BAUWIN e S. F. MILLER, 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 Agron., Brasília, 8: 29-37.
- HANWAY, J. J. e C. R. WEBER, 1971.a. Dry matter accumulation in eight soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) varieties. Agron. J., Madison, 63: 227-30.
- HANWAY, J. J. e C. R. WEBER; 1971.b. Accumulation of N , P , and K by soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) plants. Agron. J., Madison, 63: 406-8.
- HANWAY, J. J. e C. R. WEBER, 1971.c. Dry matter accumulation in soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) plants as influenced by N , P and K fertilization. Agron. J., Madison, 63: 263-66.
- JONES, U. S., 197. Fertilizers and soil fertility. Reston, Reston Publishing Company, p. 17.
- KEMMLER, G. e H. MALICORNET, 1976. Fertilizer experiment the need for long-term trials. IPI Research Topics Bulletin, Bern. nº 1, 34 p.

- LAVADO, R. S., 1973. Nota sobre la tolerancia de la soja e la salinidad. Revista de Investigaciones Agropecuarias, Ser. 3, Buenos Aires, 10(5): 177-79.
- LIMA, L. A. P. ; C. VIEIRA ; T. SEDIYAMA e C. S. SEDIYAMA, 1974. Resposta diferencial de quatro variedades de soja à adubação fosfatada e potássica, em três localidades do Estado de Minas Gerais. Experientiae, Viçosa, 17(4): 63-83.
- LUTZ JR., J. A. e G. D. JONES, 1975. Effect of irrigation, lime and fertility treatment on the yield and chemical composition of soybeans. Agron. J., Madison, 67: 523-26.
- MALAVOLTA, E., 1977. O potássio e a planta. Boletim Técnico do Instituto da Potassa & Fosfato (E.U.A.) e do Instituto Internacional da Potassa (Suíça), Piracicaba, nº 1. p. 21.
- MALAVOLTA, E., 1980. Elementos de nutrição mineral de plantas. São Paulo, Editora Agronômica Ceres Ltda., p. 177.
- MALAVOLTA, E. e T. COURY, 1954. Práticas de Química Agrícola. Piracicaba, CALQ, 49 p.
- MASCARENHAS, J. A. A., 1972. Acúmulo de matéria seca, absorção e distribuição de elementos na soja, durante o seu ciclo vegetativo. Piracicaba, 100 p. (Doutoramento-ESALQ).
- MASCARENHAS, H. A. A. ; A. M. L. NEPTUNE ; T. MURAOKA ; E. A. BULISANI e R. HIROCE, 1980. Absorção de nutrientes por cultivares de soja (*Glycine max* (L.) Merrill). In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO, 14. Cuiabá, 1980. s.p.

MASCARENHAS, H. A. A. ; M. A. C. MIRANDA ; O. TISSELLI FILHO; N. R. BRAGA ; J. R. GALLO ; O. C. BATAGLIA ; V. NAGAI ; T. R. ROCHA ; M. CAMPANHA e G. de SORDI, 1979.a. Influência da adubação e espaçamento na nutrição e produção das cultivares de soja "Santa Rosa" , "IAC-1" e "IAC-2". Científica, Jaboticabal, 7(3): 331-41.

MASCARENHAS, H. A. A. ; S. MIYASAKA ; T. IGUE e E. S. FREIRE, 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, Campinas, 27: 279-89.

MASCARENHAS, H. A. A. ; S. MIYASAKA ; T. IGUE e E. S. FREIRE, 1970. Adubação da soja. VIII. Efeito de doses crescentes de calcário, fósforo e potássio em solo podzolizado vermelho amarelo, variação Piracicaba. Bragantia, Campinas, 29: 81-89.

MASCARENHAS, H. A. A. ; S. MIYASAKA ; T. IGUE e G. DI SORDI , 1969. Resposta da soja à calagem e à adubações minerais com fósforo e potássio em latossolo roxo. Bragantia, Campinas, 28: XVII-XXI.

MASCARENHAS, H. A. A. ; R. HIROCE ; L. R. ANGELOCCI ; M. A. C. MIRANDA ; N. R. BRAGA ; S. M. P. FALIVENE e T. YAMADA, 1979.b. Resposta de cultivares de soja à doses crescentes de cloreto de potássio. In: SEM. NAC. PESQ. SOJA. 1. Londrina. Anais. p. 249-55.

MASCARENHAS, H. A. A. ; R. HIROCE e N. R. BRAGA, 1976. Cloreto de potássio para a soja. Bragantia, Campinas, 35: CXXV-CXXVI. (Nota prévia nº 25).

- MC CLUNG, A. C. ; L. M. M. FREITAS ; J. R. GALLO ; R. L. QUINN e G. O. MOTT, 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, São Paulo, nº 13. 26 p.
- MCLEAN, E. O., 1976. Exchangeable K levels for maximum crop yields on soils of different cation exchange capacities. Commun. Soil Sci. Plant Anal., New York, 7(9): 823-38.
- MIELNICZUK, J., 1978. O potássio no solo. Boletim Técnico do Instituto da Potassa & Fosfato (E.U.A.) e do Instituto Internacional da Potassa (Suiça), Piracicaba, nº 2. 80 p.
- MIKKELSEN, D. S. ; L. M. M. FREITAS e A. C. MC CLUNG, 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, São Paulo, nº 29 , 48 p.
- MILLER, R. J. ; J. T. PESEK e J. J. HANWAY, 1961. Relationships between soybean yield and concentrations of phosphorus and potassium in plant parts. Agron. J., Madison, 63: 393-96.
- MIRANDA, M. A. C. ; S. MIYASAKA ; H. A. A. MASCARENHAS e D. ROSSETO, 1977. Melhoramento da soja no Estado de São Paulo. In: FUNDAÇÃO CARGILL. A Soja no Brasil Central. Campinas, p. 25-24.
- MIYASAKA, S. ; A. C. P. WUTKE e W. R. VENTURINI, 1962. Adubação da soja. II. Adubação mineral em "terra roxa misturada com argilito do glacial". Bragantia, Campinas, 21: 617-30.

MIYASAKA, S. ; C. ALENCAR e E. S. FREIRE, 1966. Resposta da soja à adubação com N, P, K, S e micronutrientes em solo pobre de Itararé, no sul do Planalto Paulista. Bragantia, Campinas, 25: XXIX-XXXIII.

MIYASAKA, S. ; E. S. FREIRE e H. A. A. MASCARENHAS, 1964. Ensaio de adubação da soja e do feijoeiro em solo de arenito Botucatū, com vegetação de cerrado. Bragantia, Campinas, 23: 45-54.

MIYASAKA, S. ; J. G. SILVA e J. R. GALLO, 1960. Adubação da soja. I. Ensaio preliminares de adubação mineral em terro-roxa misturada. Bragantia, Campinas, 19: 667-74.

MUZILLI, O. ; D. S. CORDEIRO ; J. M. PALHANO e C. M. BORKERT, 1977. Alternativas para recomendações de adubação da soja em sucessão ao trigo no Estado do Paraná. In: Informe da Pesquisa. Fund. IAPAR, nº 2, p. 2.

NELSON, W. O. e C. M. HANSEN, 1968. Methods and frequency of fertilizer application. In: NELSON, L. B., Ed. Changing Patterns in Fertilizer Use. Madison, Soil Science Society of America. p. 85-118.

NELSON, W. L. ; L. BURKHART e W. E. COLWELL, 1945. Fruit development, seed quality, chemical composition and yield of soybeans as affected by potassium and magnesium. Soil Sci. Soc. Am. Proc., Madison, 10: 224-29.

OHLROGGE, A. J. e E. J. KAMPRATH, 1968. Fertilizer use on soybeans. In: NELSON, L. B., Ed. Changing Patterns in Fertilizer Use. Madison, Soil Science Society of America. p. 273-95.

- RAIJ, B. van e H. A. A. MASCARENHAS, 1976. Calibração do potássio e fósforo em solos para soja. In: CONG. BRAS. CIEN. SOLO, 15., Campinas. Anais, p. 309-15.
- RITCHEY, K. D., 1979. Potassium fertility in oxisols and ultisols of the humid tropics. Cornell International Agriculture Bulletin, Ithaca, nº 37. p. 5.
- ROSOLEM, C. A., 1980. Nutrição mineral e adubação da soja. Boletim Técnico do Instituto da Potassa & Fosfato (E.U.A.) e do Instituto Internacional da Potassa (Suíça), Piracicaba, nº 6, 80 p.
- ROSOLEM, C. A. ; J. NAKAGAWA ; J. R. MACHADO e T. YAMADA, 1979. Efeitos de modos de aplicação, doses e fontes de potássio na produção da soja. Revista da Agricultura, Piracicaba, 54: 13-19.
- SEPASKHAH, A. R., 1977. Effects of soil salinity levels and plant water stress at various soybean growth stages. Can. J. Plant. Sci., Ottawa, 57: 925-27.
- SILVA, N. M., 1971. Importância da seleção de glebas para estudos de adubação do algodoeiro. Publicação Instituto Agrônômico, Campinas, nº 8, 11 p.
- SOARES, E., 1978. Influência do teor de potássio trocável do solo na absorção de cálcio e magnésio pela soja (*Glycine max* (L.) Merrill). Piracicaba. 116 p. (Doutoramento - ESALQ/USP).
- SOUZA, D. M. G. ; K. D. RITCHEY ; E. LOBATO e W. J. GOEDERT, 1979. Potássio em solo de cerrado. II. Balanço no solo. Rev. Bras. Cien. Solo, Campinas, 3: 33-36.

- SOUZA, E. A. ; M. P. CARVALHO e J. G. BAUMGARTNER, 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 de terminate soybeans, as affected by applied nutrients. Agron. J., Madison, 69: 234-38.
- U. S. SALINITY LABORATORY, 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. U. S. D. A. Handbook, 60.
- VIDOR, C. e J. R. J. FREIRE, 1971. Calibração e análise do solo para a cultura da soja. Agronomia Sulriograndense , Porto Alegre, 7: 63-72.
- WESTERMANN, D. T. ; T. L. JACKSON e D. P. MOORE; 1971. Effect of potassium salt on extractable soil manganese. Soil Sci. Soc. of America Proc., Madison, 35: 43-46.
- WINTER, E. J., 1976. A água, o solo e a planta. São Paulo, E.P.U. - EDUSP. p. 38.