

ESTUDOS SOBRE O EFEITO DE DOSES CRESCENTES
DE CLORETO NA SOJA (*Glycine max* (L.) Merr.)
EM SOLUÇÃO NUTRITIVA. I. CRESCIMENTO E PRODUÇÃO *

E. MALAVOLTA **
F. MOREL FREIRE ***; J.C. CASAGRANDE ***,
L.I. NAKAYAMA ***; I. EIMORI ***;
J.A.B. CASTILLO ****

RESUMO

Foi estudado, em solução nutritiva, o efeito de doses crescentes de Cl^- no crescimento de três variedades de soja, IAC-2, UFV-1 e Viçosa. Foram encontradas diferenças significativas entre variedades e fontes de Cl^- (KCl e NaCl). O aumento na concentração de Ca^{+2} no meio (fornecido como CaSO_4) diminuiu o dano causado pela concentração excessiva de cloreto nas três variedades.

* Com ajuda do Instituto de Potassa & Fosfato (E.U.A., Suíça. Entregue para publicação em 19/12/1980.

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

*** Estudantes de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, E.S.A. "Luiz de Queiroz", USP.

**** EPAMIG, Belo Horizonte, MG.

INTRODUÇÃO

O cloro é um micronutriente essencial, sendo conhecidas suas funções na fotólise da água.

Embora seja exigido pelas plantas em concentrações relativamente altas (o tomateiro deficiente apresenta mais de 100 ppm em suas folhas, enquanto no caso do molibdênio o valor correspondente é menor do que 1 ppm) não se conhece no campo casos de fome de cloro comprovadas; isto se explica em parte pela adição constante do "sal cíclico" que vem do mar como NaCl e é trazido pela chuva e pela presença em adubos comerciais como o cloreto de potássio e outros.

A toxidez de cloreto em plantas cultivadas não halófitas pode-se esperar nas seguintes condições principais:

- a) adições de cloreto de sódio em água de irrigação possivelmente acompanhado de outros cloretos;
- b) situações locais em que se acumulou naturalmente cloreto no solo;
- c) efeito cumulativo de cloreto de potássio em solos com impedimento de drenagem como resultado do uso constante de doses pesadas de KCl como fonte de K para as plantas.

A manifestação de toxidez de sais solúveis de Cl, como o NaCl e o KCl pode ser de três tipos, a saber:

- a) efeito de concentração salina exagerada elevando a pressão osmótica da solução do solo e valores maiores do que 2 atmosferas do que resultam: plasmólise das células radiculares, perda de água, danos à germinação ou à planta estabelecida, diminuição no "stand", redução no crescimento e mesmo morte acompanhados esses efeitos de alterações nas folhas - clorose e necrose nas plantas e margens, possivelmente nas zonas onde o cloreto (talvez o Na e o K) se acumulam deixados pela transpiração;

- b) distúrbios metabólicos pela interferência na atividade de enzimas que pode ser exaltada ou diminuída, conforme o caso, daí resultando acúmulo ou diminuição no nível "normal" de metabólitos;
- c) alterações na permeabilidade e funcionamento das membranas que são diminuídas pela presença de cálcio (MARSCHNER, 1974).

A tolerância das plantas aos níveis de cloretos (não se contando as halófitas) é muito variável havendo as mais sensíveis, intermediárias e menos sensíveis. O cafeeiro parece estar entre as últimas não sendo afetada por teores de Cl nas folhas da ordem de 10000 ppm (CATANI *et alii.*, 1969). As leguminosas por sua vez estariam nos dois primeiros grupos, dependendo do gênero e da espécie (EATON, 1966).

Recentemente em São Paulo, em condições de seca temporária foram notados sintomas foliares na soja que havia recebido no plantio cerca de 30 kg/ha de K₂O como KCl os quais foram atribuídos à toxidez ou salinidade provocada por esse adubo. Entretanto a não diminuição do "stand" inicial e a baixa dose de KCl empregada não permitem, sem maior verificação, atribuir ao adubo a anormalidade encontrada.

Daí o presente trabalho em condições controladas.

MATERIAL E MÉTODOS

Variedades: IAC-2, UFV-1 e Viçoja.

Tratamentos: as plantas foram cultivadas na solução de HOAGLAND & ARNON (1950) nº 1 sem KNO₃ e KH₂PO₄; o K foi fornecido como KCl. A testemunha da solução dita completa. A composição das soluções é dada na Tabela 1. Foram feitos tratamentos suplementares em que o íon cloreto foi fornecido como NaCl em outros, finalmente, os níveis de KCl indicados foram fornecidos na presença de uma concentração de cálcio (como CaSO₄) igual ao dobro da outra. Depois de 3 semanas foi introduzida a modificação na concentração de Cl⁻ tanto nas séries como KCl como naquela com NaCl, dose 1 - 105 ppm; 2 -

210, 3 - 420 e 4 - 1680. Tais concentrações foram mantidas até o fim do ciclo. Usou-se um delineamento inteiramente casualizado com 4 repetições. As plantas foram cultivadas em vasos com 2,5 l de solução continuamente arejada e substituída semanalmente.

Colheita: as plantas foram colhidas no fim do ciclo determinando-se o peso da matéria seca das suas diversas partes.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Sintomatologia do excesso de cloreto

As folhas velhas das plantas com excesso de cloreto no meio mostravam inicialmente numerosas pequenas saliências da lâmina entre as nervuras mais finas. Em seguida começam a perder a coloração verde ficando esbranquiçadas ao longo das margens que depois entravam em necrose e se enrolavam adquirindo um aspecto semelhante ao de folhas de plantas deficientes em K. Os sintomas eram os mesmos quer a fonte de Cl^- fosse KCl ou o NaCl. Em algumas folhas queimadas pelo sol não se observava gradiente e nem simetria no sintoma - grandes manchas de coloração de ferrugem.

Matéria seca

A Tabela 2 mostra a influência dos tratamentos na produção de matéria seca total e na de vagens.

A Tabela 3 contém um resumo da análise de variância por variedade.

Na Tabela 4 encontra-se a análise de regressão entre níveis de Cl^- na solução e produção.

O exame dos dados mostra que o Cl^- afetou tanto a parte vegetativa como a produção de grãos; a última, entretanto, sendo mais afetada no sentido negativo o que leva a supor que o desfolhamento que acompanha a toxidez do íon em questão não deixou nas condições do ensaio, área foliar sufi

ciente para a produção de esqueletos carbônicos para o crescimento dos grãos. Alternativa: menor transporte de produtos da fotossíntese (ou relacionados) para a vagem em desenvolvimento.

Tabela 2 - Efeito dos tratamentos na produção de matéria seca (g/planta) (*)

Tratamento	IAC-2		UFV-1		Viçosa	
	Total	Vagens	Total	Vagens	Total	Vagens
Completo	72,62ab	3,62a	74,12a	4,12a	67,62a	8,47a
0 KCl	22,72f	0,52fg	9,72h	0,25h	22,25i	0,67ef
1	58,50c	1,97cd	58,80cd	3,15bc	53,37de	5,35c
2	58,90c	3,20ab	61,65bc	1,35fg	59,25bc	5,27c
3	56,37c	0,00g	56,05i	0,00i	48,80de	1,65e
4	38,22de	0,00g	40,02f	0,00i	41,38fg	0,00f
0 NaCl	58,52c	2,72b	72,00a	2,35ce	63,42ab	6,55bc
1	66,80bc	1,12ef	68,32ab	2,35ce	65,55a	7,72ab
2	62,67bc	2,57bc	42,87ef	2,70ce	53,12c	6,27bc
3	60,40c	1,57de	63,42b	2,17ef	61,95ab	7,05ab
4	43,85d	0,00g	28,67g	0,00i	34,75gh	0,00f
0 KCl+Cl	30,60ef	0,40g	17,65h	0,62h	32,45h	0,30ef
1	57,62c	1,30de	51,15de	0,97gh	47,25ef	1,35ef
2	58,75c	1,10ef	71,00a	3,92ab	53,85cd	3,22d
3	79,95a	1,35de	69,52ab	2,87ce	63,00ab	8,15a
4	45,10	0,00g	50,20d	0,00i	25,15i	0,00f
F	53,95**	82,78**	146,08**	69,41**	92,33	135,23**
Tukey (5%)	10,39	0,69	8,51	0,92	6,25	1,47
C.V. %	7,28	19,57	6,26	20,79	8,07	14,54

(*) Médias na mesma coluna, assinaladas pela mesma letra não diferem significativamente a 5% de probabilidade.

Tabela 3 - Resumo da análise da variância, efeito dos tratamentos nas variedades

Comparação	Médias	F	significância
g vagens/planta			
KCl			
IAC-2	1,11		
UFV-1	0,92		
Viçoja	2,54		
KCl + Ca			
IAC-2	0,82	10,47	**
UFV-1	1,58	34	**
Viçoja	2,58	0,06	n. s.

KCl			
IAC-2	1,11		
UFV-1	0,92		
Viçoja	2,54		
NaCl			
IAC-2	2,74	320	**
UFV-1	1,94	81	**
Viçoja	5,50	371	**

mat. seca total/planta			
KCl			
IAC-2	47,5		
UFV-1	44,8		
Viçoja	44,8		
KCl + Ca			
IAC-2	54,4	29	**
UFV-1	51,9	47	**
Viçoja	43,6	1,62	n. s.

KCl			
IAC-2	47,5		
UFV-1	44,8		
Viçoja	44,8		
NaCl			
IAC-2	58,4	72	**
UFV-1	55,0	98	**
Viçoja	56,3	144	**

Tabela 4 - Análise de regressão

(y = peso em g, x = 0, 1, 2, 3 e 4)

Variedade	Tratamento	Equação	r
Níveis de KCl			
IAC-2			
Vagens		$y = 0,631 + 1,847x - 0,534x^2$	0,766**
Mat. seca		$y = 28,00 + 32,22x - 7,484x^2$	0,949**
UFV-1			
Vagens		$y = 0,916 + 1,164x - 0,38x^2$	0,673**
Mat. seca		$y = 13,86 + 45,03x - 9,716x^2$	0,964**
Viçoja			
Vagens		$y = 1,286 + 4,123x - 1,157x^2$	0,897**
Mat. seca		$y = 24,67 + 29,87x - 6,60x^2$	0,941**
Níveis de KCl + Ca			
IAC-2			
Vagens		$y = 0,401 + 1,082x - 0,289x^2$	0,829**
Mat. seca		$y = 29,33 + 34,75x - 7,405x^2$	0,856**
UFV-1			
Vagens		$y = 0,057 + 3,051x - 0,746x^2$	0,811**
Mat. seca		$y = 17,07 + 44,63x - 9,070x^2$	0,985**
Viçoja			
Vagens		$y = 0,828 + 5,006x - 1,096x^2$	0,676**
Mat. seca		$y = 29,09 + 30,96x - 7,91x^2$	0,874**
Níveis de NaCl			
IAC-2			
Vagens		$y = 2,257 + 0,186x - 0,171x^2$	0,733**
Mat. seca		$y = 58,77 + 10,08x - 3,41x^2$	0,868**
UFV-1			
Vagens		$y = 2,189 + 1,038x - 0,386x^2$	0,951**
Mat. seca		$y = 71,06 + 4,514x - 1,154x^2$	0,775**
Viçoja			
Vagens		$y = 8,275 - 1,378x$	0,674**
Mat. seca		$y = 67,41 - 5,555x$	0,732**

O efeito do cloreto na forma de NaCl foi menos prejudicial que quando fornecido como KCl (Tabela 2) em seu efeito na produção de vagens: observe-se as produções obtidas no nível 3 em que o fornecimento de potássio não foi limitante.

Nota-se resposta diferencial das variedades que fica mais evidente na Tabela 5: Viçoja mostrou-se mais tolerante.

Tabela 5 - Efeitos relativos de doses crescentes de Cl^- e do nível de Ca^{+2} (como CaSO_4) no crescimento e produção de três variedades de soja (média de 4 repetições)

Tratamento	grãos (g/planta)			mat.seca total (g/planta)		
	IAC-2	Viçoja	UFV-1	IAC-2	Viçoja	UFV-1
Completo	100	100	100	100	100	100
0 KCl	14	7	7	49	52	22
1	68	62	74	84	81	84
2	84	62	32	94	98	95
3	5	20	0	82	92	76
4	0	2	0	52	77	74
0 NaCl	95	77	65	81	88	102
1	68	92	78	103	88	88
2	87	75	68	81	86	67
3	55	82	54	88	93	88
4	0	2	0	66	72	51
0 KCl + Ca	17	23	77	58	66	39
1	58	16	25	100	97	103
2	59	29	91	88	100	96
3	46	96	79	115	95	91
4	0	4	0	64	54	75

Quando se considerou o efeito do nível maior de cálcio no conjunto das concentrações crescentes de Cl^- (Tabela 5) ve

rifica-se que o efeito nem sempre alcançou a significância estatística e que certamente se explica pelo peso do tratamento com a dose maior de cloreto (4) na variação dos dados; é evidente e muito consistente, porém, o efeito favorável de adição de mais Ca^{+2} no nível de fornecimento de Cl^- . Isto sugere que, no campo, adubos portadores de gesso (super simples, super trinta) ou do próprio possam diminuir a toxidez do cloreto. O que não é propriamente novidade; COLLINGS (1955, p.305) menciona o efeito favorável do gesso na redução do dano causado pela concentração excessiva do fertilizante no desenvolvimento do algodoeiro. O presente achado, portanto, parece coerente com os dados de MARSCHNER (1974).

A Tabela 2 mostra na série em que Cl^- foi fornecido como NaCl que diminuição significativa na produção de vagens somente teve lugar quando o íon foi fornecido no nível 3 ou superior, ou seja, 420 e 1680 ppm. O primeiro número corresponderia à aplicação de uma dose de K_2O equivalente a cerca de 1,5 t por ha em área total e com incorporação a 30 cm de profundidade. Se a aplicação do adubo for localizada a dose de K_2O capaz de provocar dano significativo seria proporcionalmente menor, dependendo do volume de solo efetivamente adubada. Os dados obtidos sugerem, portanto que as doses de KCl recomendadas para a cultura da soja não devem causar prejuízo à cultura mesmo quando aplicadas no plantio.

RESUMO E CONCLUSÕES

As variedades de soja IAC-2, UFV-1 e Viçoja foram cultivadas em solução nutritiva na presença de concentrações crescentes de Cl^- (como NaCl e de KCl) e de dois níveis de Ca^{+2} (como CaSO_4), o usual da solução de HOAGLAND & ARNON (1950) deficiente e duas vezes o mesmo.

As principais conclusões são as seguintes:

- 1) a toxidez de Cl^- , maior no caso em que o íon acompanhante foi o K^+ , afeta a produção de vagens mais que a da matéria seca;
- 2) a variedade Viçoja mostrou-se relativamente mais to-

lerante às altas concentrações de cloreto que as de mais;

- 3) o fornecimento de uma dose maior de Ca^+ reduziu significativamente o efeito prejudicial de Cl^- na produção de vagens.

SUMMARY

STUDIES ON THE EFFECT OF LEVELS OF CHLORIDE ON SOYBEAN PLANTS GROWN IN NUTRIENT SOLUTION.
I. GROWTH AND YIELD

Three soybean varieties, IAC-2; UFV-1 and Viçoja, were grown in nutrient solution in the presence of both several levels of Cl^- (as NaCl and KCl) and two Ca^+ concentrations (supplied as calcium sulphate).

The following main conclusions were drawn:

- 1) Cl^- toxicity, higher when accompanying ion was K^+ , affected yield formation more than vegetative growth;
- 2) there were differences in response among the three cultivars, Viçoja being relatively more tolerant;
- 3) raising the calcium level in the medium contributed to diminish the harmful effect due to excess chloride.

LITERATURA CITADA

- CATANI, R.A.; MORAES, F.R.P. DE; BERGAMIN FILHO, H., 1969. A concentração do cloro em folhas de café. An. Esc. Sup. Agric. "Luiz de Queiroz" 26: 93-98.
- COLLINGS, G.H., 1955. **Commercial fertilizers**, 5a. ed., McGraw Hill Book Co., Inc., New York.
- EATON, F.M., 1966. Chlorine. In: **Diagnostic criteria for**

plants and soils, ed. por H.D. Chapman, Univ. of California, Div. of Agr. Sciences (pp.98.135).

HOAGLAND, D.R.; ARNON, D.I., 1950. The water culture method for growing plants without soil. Calif. Agric. Expt. Sta. Circ. 347.

MARSCHNER, H., 1974. Calcium nutrition of higher plants. Neth. J. Agric. Sci. **22**: 275-282.