

COMPORTAMENTO DE CULTIVARES PRECOÇES DE SOJA EM SOLUÇÃO NUTRITIVA CONTENDO DIFERENTES NÍVEIS DE MANGANÊS¹

HIPÓLITO ASSUNÇÃO ANTONIO MASCARENHAS², MANOEL ALBINO COELHO DE MIRANDA, ROBERTO TETSUO TANAKA³, SONIA MARIA PIERRO FALIVENE⁴ e ANTONIO ROQUE DECHEN⁵

RESUMO - Em solos brasileiros é mais freqüente a ocorrência de problemas de toxicidade do que de deficiência de manganês. Diante disso, avaliaram-se seis cultivares precoces de soja (IAC-Foscarin 31, Davis, BR-4, BR-6, Bragg, IAS-5, IAC-13 e Paraná) em soluções nutritivas contendo quatro níveis de manganês (0,11; 2; 4 e 6 mg/l) a temperatura constante de $25 \pm 1^\circ\text{C}$. A reação de tolerância foi medida após 15 dias de cultivo, levando-se em consideração o peso seco da parte aérea das plantas, os sintomas visuais de toxicidade e as concentrações de manganês na parte aérea. Os resultados mostraram que as cultivares Davis e IAC-Foscarin 31 foram as mais tolerantes, enquanto que as cultivares Bragg, IAS-5, BR-4, BR-6 e IAC-13 foram medianamente tolerantes, e a cultivar Paraná, a mais sensível ao Mn. A avaliação visual através de notas para a sintomatologia dos graus de toxicidade coincidiu negativamente com o peso da matéria seca das plantas, e positivamente com o manganês absorvido. O método utilizado foi considerado prático na separação dos genótipos avaliados em grande quantidade em um programa de melhoramento de soja.

Termos para indexação: genótipos, tolerância, melhoramento, toxicidade.

PERFORMANCE OF EARLY MATURITY SOYBEAN CULTIVARS IN NUTRIENT SOLUTION CONTAINING DIFFERENT LEVELS OF MANGANESE

ABSTRACT - In Brazilian soils the occurrence of manganese toxicity problems is more frequent than deficiency. With this in mind, six soybean cultivars (IAC-Foscarin 31, Davis, BR-4, BR-6, Bragg, IAS-5, IAC-13 and Paraná) were tested in a nutrient solution containing four levels of manganese (0,11; 2; 4 and 6 mg/l) under constant temperature of $25 \pm 1^\circ\text{C}$. Tolerance was measured taking into consideration the dry matter weight of the aerial parts after 15 days in nutrient solution, visual symptoms of toxicity, and the concentration of the Mn in the aerial parts. The results showed that the Davis and IAC-Foscarin 31 cultivars were tolerant, whereas Bragg, IAS-5, BR-4, BR-6 and IAC-13 were intermediate, and the cultivar Paraná very sensitive to high Mn concentrations. The scores given for visual symptoms of toxicity coincides negatively with the data of dry matter weight of the plants, and positively with the manganese absorbed. This method was considered to be practical when one deals with great quantity of breeding lines in a soybean breeding program.

Index terms: genotypes, tolerance, breeding, toxicity.

INTRODUÇÃO

O levantamento de solo no horizonte superficial do estado de São Paulo realizado por Valadares & Camargo (1983) mostrou que há uma ampla variação no teor de Mn solúvel, da ordem de 0,2 a 198 ppm. Na região Nordeste do Estado, Mascarenhas (1983) observou o efeito tóxico de manganês em Latossolo Roxo distrófico de cerrado, o que tem reduzido sensivelmente a produção de soja. No entanto,

¹ Aceito para publicação em 27 de junho de 1989.

Trabalho apresentado no V Seminário Nacional de Pesquisa de Soja, realizado em Campo Grande, MS de 17 a 22 de setembro de 1989, financiado pelo FIPEC e CARGILL.

² Eng. - Agr., Dr., Inst. Agron. de Campinas, Caixa Postal 28, CEP 13001 Campinas, SP e bolsista do CNPq.

³ Eng. - Agr., M.Sc., Inst. Agron. de Campinas e bolsista do CNPq.

⁴ Bióloga, Inst. Agron. de Campinas e bolsista do CNPq.

⁵ Prof. - Assist., Dr., Dep. de Quím., Setor de Nutr. Min. de Plantas, USP, Caixa Postal 9, CEP 13400 Piracicaba, SP e bolsista do CNPq.

Mascarenhas et al. (1982) e Quaggio et al. (1982) demonstraram que a quantidade de cálcio necessária para reduzir o teor de Mn solúvel a nível adequado para a nutrição das plantas é maior do que a quantidade para eliminar a toxicidade do Al no solo. No sudeste do Estado (Vale do Paranapanema - Alta Sorocabana) tem-se verificado um novo problema causado pela compactação de solo que retém água de chuva, proporcionando na camada superficial um ambiente redutor, aumentando a disponibilidade de Mn para nível tóxico, e, conseqüentemente, reduzindo a produtividade, mesmo em solo já corrigido.

O objetivo deste trabalho foi verificar o grau de tolerância ao Mn em solução nutritiva de um grupo de cultivares precoces de soja que estão sendo utilizadas no estado de São Paulo.

MATERIAL E MÉTODOS

O delineamento estatístico utilizado foi o inteiramente ao acaso, em esquema de parcelas subdivididas com seis repetições, sendo as parcelas compostas de quatro concentrações de Mn (0,11; 2; 4 e 6 mg/l) e as subparcelas de oito cultivares de soja, a saber: IAC-Foscarin 31, Davis, BR-4, BR-6, Bragg, IAS-5, IAC-13 e Paraná.

As sementes das oito cultivares foram pré-germinadas durante 48 horas. Foram escolhidas dez plântulas uniformes de cada cultivar e fixadas em quatro telas de náilon, as quais foram colocadas sobre quatro vasilhas de plástico de 8,3 litros de capacidade, contendo soluções nutritivas de modo que as radículas ficassem em contato com as soluções.

As concentrações das soluções nas quatro vasilhas de plástico foram as seguintes: Ca (NO₃) 0,4 mM; MgSO₄ 0,2 mM; KNO₃ 0,4 mM; (NH₄)₂ CuSO₄ 0,03 µM; ZnSO₄ 0,08 µM; NaCl 3,0 µM; NaMoO₄ 0,01 µM e Fe Cl₃ 10 µM.

Em cada uma das quatro vasilhas foi adicionado MnSO₄ 4 H₂O, de modo a serem obtidas soluções com 0,11; 2; 4 e 6 mg/l de Mn. O pH das soluções foi previamente ajustado para 4,8 com adição de H₂SO₄ 1 N e mantido constante por ajustamento diário, durante todo o experimento. As soluções foram continuamente arejadas, e as vasilhas foram colocadas em banho-maria, à temperatura de 25 ± 1°C dentro de laboratório. O experimento foi mantido

sob luz artificial em sua totalidade. As plantas desenvolveram-se nessas condições por quinze dias, conforme metodologia já descrita por Mascarenhas & Camargo (1988). Após esse período, a parte aérea das plantas foi cortada e secada em estufa a 60°C, procedendo-se à pesagem e análise da matéria seca, segundo o método de Sarruge & Haag (1974), para determinação dos teores de P, K, Ca, Mg, Cu, Zn, Fe e Mn.

Foram calculadas as quantidades de Mn absorvidas pelas dez plântulas, em cada concentração, e também atribuíram-se notas de 0 a 3 para os sintomas de toxicidade observados nas plantas, conforme os seguintes critérios:

0. Sem sintoma.

1. Pouca pontuação castanha nas folhas; pequena redução do tamanho da planta; pouca clorose.

2. Pontuação acentuada das folhas, enrugamento das folhas, média redução do tamanho da planta, amarelecimento dos cotilédones.

3. Pontuação bastante acentuada, enrugamento e queima das folhas, redução acentuada do tamanho da planta, amarelecimento e secagem dos cotilédones.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Mascarenhas & Camargo (1988) relataram que a concentração de 2 mg/l de Mn em solução nutritiva foi suficiente para separar cultivares de soja sensíveis das cultivares tolerantes. Na Tabela 1, observam-se os dados de produção de matéria seca das cultivares precoces de soja submetidas a crescimento por quinze dias em soluções nutritivas contendo quatro níveis de Mn. Examinando o comportamento de cada cultivar dentro das diferentes concentrações de Mn, notou-se que as cultivares Davis e IAC-Foscarin 31 foram as mais tolerantes. Para a cultivar Davis, a redução de matéria seca com a aplicação de 2 mg/l de Mn foi de apenas 2%; com 4 e 6 mg/l de Mn, as reduções foram de 14 e 25%, respectivamente, enquanto que para a cultivar IAC-Foscarin 31 as reduções foram de 5, 18 e 30%, respectivamente. Não foram observadas diferenças significativas entre as concentrações de 0,11 e 2 mg/l de Mn para estas duas cultivares. A cultivar mais sensível foi Paraná, na qual a matéria seca da parte aérea em relação à tes-

TABELA 1. Produções médias de matéria seca da parte aérea de oito cultivares de soja durante quinze dias de cultivo em soluções nutritivas, contendo quatro diferentes concentrações de manganês.

Cultivares	Manganês na solução em mg/litro			
	0,11	2	4	6
IAC-Foscarin 31 (seleção na cultivar Halle 7)	1130 a C	1070 a C	930 b B	790 c BC
Davis (D49.2573 x N45.1497)	1330 a B	1300 a A	1120 b A	1000 c A
BR-6 (Bragg (3) x Santa Rosa)	1360 a B	1230 b AB	910 c BC	690 d CDE
BR-4 (Hill x Hood)	1390 a B	1240 b AB	960 c B	830 d B
Bragg (Jackson x D49.2491)	1600 a A	1340 b A	1080 c A	810 d B
IAS-5 (Hill x (Roanoke x Ogden))	1500 a A	1240 b AB	1070 c A	830 d B
IAC-13 (Paraná x IAC73.231)	970 a D	800 b D	640 c D	580 c E
Paraná (Hill x (Roanoke x Ogden))	1570 a A	1190 b B	860 c BC	760 c BCD

Letras minúsculas na linha referem-se às diferenças entre doses de Mn dentro de cada cultivar. Letras maiúsculas na coluna referem-se às diferenças entre as cultivares dentro das concentrações de Mn. Foi utilizado nas análises o teste de Duncan a 5%.

temunha (0,11 mg/l de Mn) foi da ordem de 24, 25 e 52%, quando se adicionaram, respectivamente, 2, 4 e 6 mg/l de Mn. As cultivares BR-4, BR-6, Bragg, IAS-5 e IAC-13 foram medianamente tolerantes. Esses resultados não concordam com os de Costa et al. (1984), que mostraram que a cultivar Paraná foi mais tolerante do que a Bragg em solução nutritiva, talvez pelo fato de o experimento ter sido conduzido sem controle de temperatura (Mascarenhas & Camargo 1988). As produções relativas apresentadas na Fig. 1 ilustram bem o comportamento das cultivares precoces.

Comparando-se as cultivares dentro das concentrações de 2, 4 e 6 mg/l de Mn, observou-se que a cultivar Davis foi a mais tolerante, principalmente nas mais altas concentrações. Entretanto seu comportamento foi semelhante ao das cultivares BR-4, BR-6, Bragg e IAC-5 no nível de 2 mg/l de Mn.

A cultivar IAC-13 foi menos tolerante, diferindo estatisticamente das demais, pelo teste de Duncan a 5%, em todas as concentrações de Mn estudadas. Por outro lado, ao nível de

4 mg/litro, o comportamento de Davis foi semelhante ao de Bragg e IAS-5, enquanto que ao nível de 6 mg/l, a cultivar Davis destacou-se das demais, mostrando a sua superioridade. Os resultados obtidos sugerem que a cultivar Davis pode vir a ser utilizada como uma das fontes de tolerância a altas concentrações de Mn no programa de melhoramento de soja.

Na Tabela 2 observam-se as concentrações de macro e micronutrientes na parte aérea de oito cultivares de soja submetidas a crescimento em soluções nutritivas contendo diferentes concentrações de Mn. Os teores de Ca e Mg mantiveram-se constantes dentro de cada cultivar, apresentando pequeno decréscimo quando houve aumento das concentrações de Mn. Os teores de K variam conforme as cultivares, de forma crescente ou decrescente em função de doses de Mn na solução. Verificou-se pequena variação para os nutrientes P, Ca, Zn e Fe dentro de cada cultivar, além de um aumento proporcional de Mn na parte aérea das plântulas devido à adição desse elemento nas soluções nutritivas.

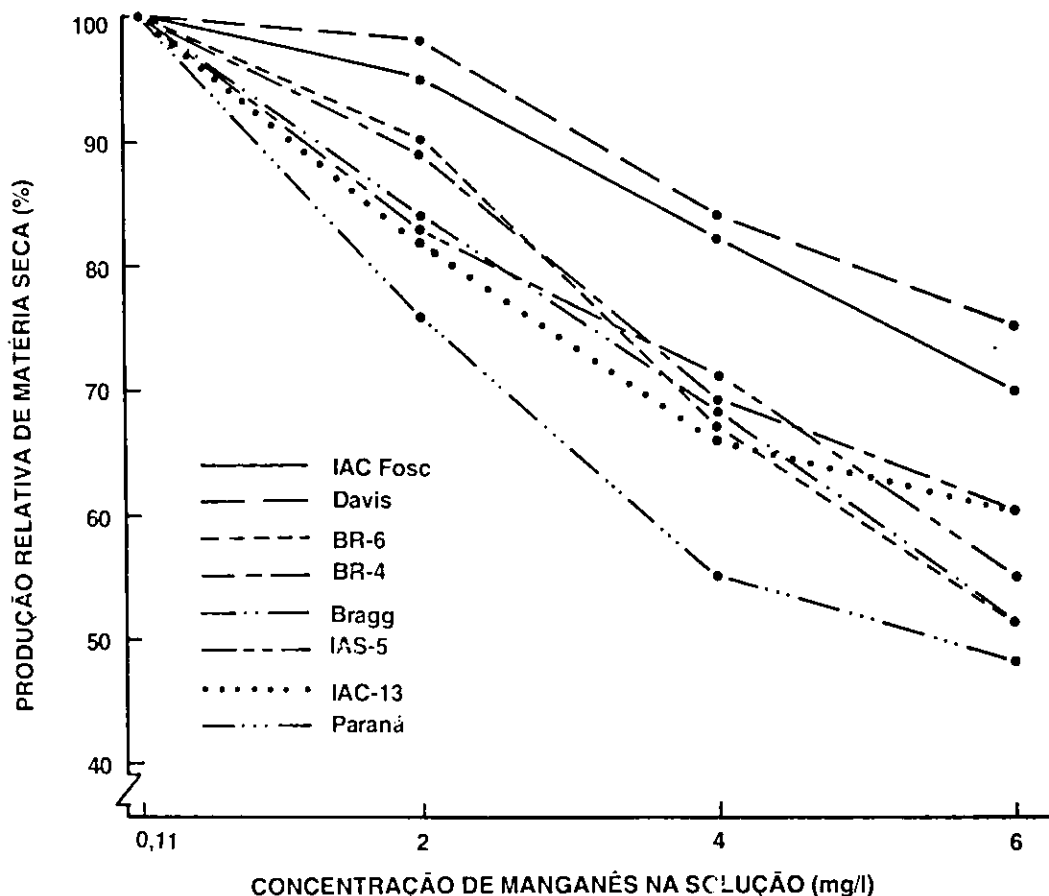


FIG. 1. Efeito da presença de 0,11; 2; 4 e 6 mg/litro de Mn na solução nutritiva sobre a produção relativa de matéria seca.

Edward & Asher (1982) observaram que há mecanismos de tolerância ao Mn em plantas de soja. No primeiro, a planta absorve bastante Mn sem prejuízos ao crescimento, e tal comportamento é considerado como uma resistência interna ao elemento. No segundo, a planta tem um mecanismo controlador de absorção na raiz, não permitindo a translocação para a parte aérea. No presente estudo (Tabela 3), a cultivar Davis foi bastante tolerante, apesar de altos teores de Mn na matéria seca, sugerindo que o primeiro mecanismo de tolerância esteja envolvido. As cultivares Bragg e Paraná também exibiram altos teores de Mn na parte aérea, porém, apresentaram-se com relações de

média a elevada sensibilidade a toxicidade desse elemento. Por outro lado, IAC-Foscarin 31, que também mostrou ser bastante tolerante absorveu bem menos Mn do que Davis, sugerindo que o segundo mecanismo esteja envolvido. As cultivares BR-4, BR-6, IAS-5 e IAC-13 mostraram esta mesma tendência. Na Tabela 4 são apresentadas as equações e os coeficientes de correlação simples entre os dados de produção de matéria seca e Mn absorvido, de produção de matéria seca e notas, e Mn absorvido e notas. Os coeficientes angulares confirmaram as observações da Fig. 1 em que as cultivares Davis e IAC-Foscarin 31 foram as mais tolerantes às doses crescentes de

TABELA 2. Teores de macro e micronutrientes na matéria seca da parte aérea de oito cultivares de soja submetidas a crescimento em soluções nutritivas contendo diferentes concentrações de manganês.

Concentração de Mn na solução	Concentração de nutrientes na parte aérea								Concentração de Mn na solução	Concentração de nutrientes na parte aérea							
	P	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Fe	Mn		P	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Fe	Mn
mg/litro	-----%-----								mg/litro	-----%-----							
	IAC-Foscarin 31									Bragg							
0,11	0,61	2,41	0,74	0,33	22	46	61	68	0,11	0,58	2,30	0,76	0,29	16	43	54	54
2	0,78	1,91	0,63	0,29	24	44	47	704	2	0,57	1,99	0,76	0,22	14	47	47	759
4	0,59	1,61	0,61	0,28	22	53	46	1067	4	0,44	1,91	0,60	0,22	15	52	48	1155
6	0,71	1,60	0,61	0,28	23	53	54	1331	6	0,48	1,68	0,54	0,22	14	52	45	1770
	Davis									IAS-5							
0,11	0,46	2,14	0,62	0,23	23	41	63	32	0,11	0,59	2,07	0,68	0,30	17	44	47	48
2	0,55	2,07	0,69	0,26	17	34	47	781	2	0,56	1,99	0,64	0,29	23	49	47	715
4	0,44	1,99	0,59	0,22	16	43	37	1276	4	0,54	1,68	0,55	0,25	25	50	52	1034
6	0,48	1,87	0,61	0,20	21	40	40	1771	6	0,60	1,38	0,57	0,28	29	61	43	1584
	BR-6									IAC-13							
0,11	0,46	2,45	0,84	0,30	20	48	61	73	0,11	0,85	1,76	0,74	0,25	20	40	51	54
2	0,62	1,76	0,71	0,23	15	51	63	759	2	0,87	2,37	0,66	0,23	22	46	54	671
4	0,72	1,68	0,62	0,27	17	59	66	1012	4	0,79	3,29	0,64	0,25	23	54	61	1100
6	0,64	1,51	0,56	0,24	25	60	67	1397	6	0,70	2,07	0,55	0,21	21	50	65	1124
	BR-4									Paraná							
0,11	0,48	1,99	0,77	0,29	19	48	85	83	0,11	0,77	1,76	1,21	0,30	29	40	49	51
2	0,40	2,07	0,60	0,21	19	43	55	517	2	0,62	1,53	0,79	0,28	25	45	51	660
4	0,59	1,99	0,58	0,23	18	55	47	902	4	0,61	2,07	0,71	0,22	27	52	60	1210
6	0,97	1,21	0,53	0,25	16	64	77	1441	6	0,70	2,91	0,59	0,33	27	64	67	1771

TABELA 3. Quantidades de manganês absorvido por cultivares de soja em função das concentrações desse elemento nas soluções nutritivas.

Cultivares	Manganês na solução em mg/litro			
	0,11	2	4	6
	---- mg/10 plantas ----			
IAC-Foscarin 31 (Seleção na cultivar Halle 7)	77	753	992	1051
Davis (D49.2573 x N45.1497)	43	1015	1429	1771
BR-6 (Bragg (3) x Santa Rosa)	99	934	921	964
BR-4 (Hill x Hood)	115	641	866	1196
Bragg (Jackson x D49.2491)	86	1017	1247	1434
IAS-5 (Hill x (Roanoke x Ogden))	72	887	858	1106
IAC-13 (Paraná x IAC-73-231)	52	537	704	652
Paraná (Hill x (Roanoke x Ogden))	80	785	1041	1346

Mn enquanto que a cultivar Paraná foi a mais sensível. Os coeficientes de correlação superiores a -0,872 indicam uma boa confiabilidade entre os parâmetros analisados. A cultivar IAC-13 revelou muito mais o efeito tóxico, conforme pode ser observado na avaliação de cada nível de Mn e também pelas notas atribuídas aos sintomas de toxicidade de Mn apresentados na Tabela 5.

Foram dadas notas pela sintomatologia de toxicidade de Mn (Tabela 5) e observou-se que essas notas coincidiram com os dados de produção de matéria seca das cultivares (Tabela 1). Nota-se que a IAC-13, oriunda da cultivar Paraná, mostrou notas idênticas, ao mesmo tempo que é bastante sensível a elevados níveis de Mn. Essa coincidência entre as notas e produções de matéria seca mostra que a avaliação visual é um método prático e seguro, especialmente quando se trata de separação de genótipos dentre um grande número de linhagens em um programa de melhoramento de soja. Tal fato é comprovado através das equações e coeficientes de correlação entre os da-

TABELA 4. Coeficiente de correlação simples entre os dados de produção de matéria seca da soja (Y) de cada cultivar e Mn absorvido (X); produção de matéria seca (Y) e nota (X) e Mn absorvido (Y) e nota (X).

Equações	Coef. de correlação (r)
$Y_{\text{Davis}} = 1322 - 0,217 X$	- 0,995
$Y_{\text{Foscarin}} = 1117 - 0,302 X$	- 0,977
$Y_{\text{IAC-13}} = 899 - 0,469 X$	- 0,940
$Y_{\text{Bragg}} = 1504 - 0,505 X$	- 0,947
$Y_{\text{IAS-5}} = 1391 - 0,508 X$	- 0,872
$Y_{\text{BR-6}} = 1324 - 0,567 X$	- 0,947
$Y_{\text{BR-4}} = 1353 - 0,611 X$	- 0,992
$Y_{\text{Paraná}} = 1409 - 0,659 X$	- 0,928
$Y_{\text{Produção}} = 1362 - 170,33 \text{ Nota}$	- 0,729
$Y_{\text{Mn absorv.}} = 195,9 + 333,35 \text{ Nota}$	0,814

TABELA 5. Média de notas dadas para sintomologia apresentada nas cultivares de soja precoces quando submetidas ao crescimento durante quinze dias em soluções nutritivas contendo diferentes concentrações de Mn.

Cultivares	Manganês na solução em mg/litro			
	0,11	2	4	6
	Notas*			
IAC-Foscarin 31 (Seleção na cultivar Halle 7)	0	1,8	1,8	2,4
Davis (D49.2573 x N45.1497)	0	1,8	1,8	2,4
BR-6 (Bragg (3) x Santa Rosa)	0	1,8	2,4	3,0
BR-4 (Hill x Hood)	0	2,0	2,4	3,0
Bragg (Jackson x D49.2491)	0	2,0	2,4	3,0
IAS-5 (Hill x (Roanoke x Ogden))	0	2,0	2,7	3,0
IAC-13 (Paraná x IAC 73-231)	0	2,5	2,9	3,0
Paraná (Hill x (Roanoke x Ogden))	0	2,5	2,9	3,0

* Valores maiores significam sintomas mais drásticos.

dos de produção de matéria seca e notas de sintomas de toxicidez e tanto Mn absorvido e dados de notas (Tabela 4).

Entre as cultivares testadas, Davis, Bragg e Paraná foram bastante utilizadas no estado de São Paulo, entre 1975 e 1984, sendo substituídas por IAC-Foscarin 31 e IAS-5; como opções de cultivares precoces, foram introduzidas, mais recentemente, BR-4 e BR-6. Mais de 80% da área de renovação de cana é hoje plantada com IAC-Foscarin 31, dada a sua tolerância a Mn. As cultivares Davis e Bragg, além de exigirem alta fertilidade do solo, não crescem suficientemente em latitudes próximas a 17°. Um dos fatores que pode ter sido decisivo para a substituição da cultivar Paraná foi a sua susceptibilidade ao Mn.

REFERÊNCIAS

- COSTA, A.V.; GONZAGA NETO, L.; MONNERATT, P.H.; SEDIYAMA, T. Tolerância de cultivares de soja ao manganês tóxico em solução nutritiva. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE PESQUISA DE SOJA, 3, Campinas, 1984, *Anais...* Londrina, EMBRAPA-CNPSo, 1984. p.721-32.
- EDWARD, D.G. & ASHER, C.J. Tolerance of crop and pasture species to manganese toxicity. In: SCAIFE, A., ed. *Int. Plant Nutrition Collog.* Warwick, England, Comm. Agric. Bur. U.K., 1982. v.1, p.145-150.
- MASCARENHAS, H.A.A. Calagem para soja. In: RAIJ, B. van; BATAGLIA, O.C.; MACHADO, N.M. eds. *Acidez e calagem no Brasil*. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1983. p.145-163.
- MASCARENHAS, H.A.A. & CAMARGO, C.E.O. Methods of screening soybean cultivars to manganese toxicity and the influence of temperature. In: WEBB, M.J.; GRAHAM, R.D.; HANNAM, R.J. ed. *International Symposium on Manganese in Soil and Plants*. Adelaide, s. ed., 1988. p.123-125.
- MASCARENHAS, H.A.A.; QUAGGIO, J.A.; HIROCE, R.; BRAGA, N.R.; MIRANDA, M.A.C. de; TEIXEIRA, J.P.F. Resposta da

- soja (*Glycine max* (L.) Merrill) à aplicação de doses de calcário em solo Latossolo Roxo distrófico de cerrado. I. Efeito imediato. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE PESQUISA DE SOJA, 2. Brasília, 1981. **Anais...** Brasília, EMBRAPA, 1982. Vol. 2, p.742-51.
- QUAGGIO, J.A.; MASCARENHAS, H.A.A.; BATAGLIA, O.C. Resposta da soja a aplicação de doses crescentes de calcário em Latossolo Roxo distrófico de cerrado. II. Efeito residual. **R. bras. Ci. Solo**, Campinas, **6**:113-118, 1982.
- SARRUGE, J.R.; HAAG, H.P. **Análise de planta**. s.l.; s.ed., 1974. 57p. datilografado.
- VALADARES, J.M.A.S. & CAMARGO, O.A. de Manganês em solos do Estado de São Paulo. **R. bras. Ci. Solo**, **7**:123-130, 1983.