

# TOLERÂNCIA DA SOJA AO MANGANÊS EM SOLUÇÃO NUTRITIVA EM TRÊS TEMPERATURAS (1)

HIPÓLITO ASSUNÇÃO ANTONIO MASCARENHAS (2,4), CARLOS EDUARDO DE OLIVEIRA CAMARGO (3,4), SÔNIA MARIA PIERRO FALIVENE (2,4) e EDUARDO ANTONIO BULISANI (2,4)

## RESUMO

Foram estudados dois cultivares de soja (Biloxi e Forrest) em soluções nutritivas contendo quatro níveis de manganês (0,11; 2; 4 e 6 mg/litro) combinados com três diferentes temperaturas (22, 25 e 28°C) em experimento efetuado em Campinas, em 1983. A tolerância foi medida, levando-se em consideração o peso seco das partes aéreas das plantas após 15 dias de cultivo nas soluções, os sintomas visuais de toxicidade e a concentração de manganês das folhas. Os resultados mostraram que, à medida que a temperatura das soluções variou de 28 para 22°C, houve uma redução marcante no desenvolvimento das plantas dos dois cultivares, afetando, conseqüentemente, a produção de matéria seca. A 25°C e ao nível de 2 mg/litro de Mn, foi possível distinguir o cultivar Forrest como sensível e Biloxi como tolerante, sendo esta combinação considerada ideal para fazer 'screening' de material genético. Esta separação, porém, poderia também ser feita nas temperaturas de 22 e 28°C, respectivamente, nos níveis de 4 e 6 mg/litro de Mn. Na temperatura alta (28°C), observou-se redução de toxicidade de Mn para soja. O cultivar Biloxi apresentou, sob todas as temperaturas, as maiores concentrações de Mn na parte aérea.

**Termos de indexação:** nutrição mineral, *Glycine max* (L.) Merrill, melhoramento, temperatura, manganês, tolerância.

---

(1) Trabalho parcialmente financiado por Transquímica Internacional Representações Ltda., São Paulo, Companhia de Óleos Vegetais de Orlândia e Minasa S.A. Trabalho apresentado no XX Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, em Belém, PA, de 14 a 21-7-1985. Recebido para publicação em 7 de março de 1984.

(2) Seção de Leguminosas, Instituto Agronômico (IAC), Caixa Postal 28, 13100 Campinas (SP).

(3) Seção de Arroz e Cereais de Inverno, IAC.

(4) Com bolsa de suplementação do CNPq.

## 1. INTRODUÇÃO

Experimentos conduzidos sob as mais diferentes condições ambientais demonstraram existir variação na tolerância ao manganês tóxico do solo entre diferentes espécies de plantas (ANDREW & HEGARTY, 1969, e MUNNS et alii, 1963) e entre cultivares dentro de uma mesma espécie (FOY et alii, 1969, e OUELLETTE & DESSUREAUX, 1958). HEENAN & CARTER (1977), utilizando 21-18 e 33-28°C para temperaturas diurnas e noturnas respectivamente, e concentrações de 0,1 a 15 ppm de Mn, mostraram que a 15 ppm e sob condições de temperatura mais elevada, houve maior desenvolvimento das plantas nos cultivares de soja Bragg e Lee, sem evidência de sintomas típicos de toxicidade de Mn, sendo que o 'Bragg' se mostrou mais sensível que 'Lee'. MASCARENHAS et alii (1981), em experimento de campo, verificaram que a 30°C não se evidenciaram os sintomas típicos de toxicidade de manganês nas folhas de soja; entretanto, a análise foliar mostrou teores elevados com redução na produção de grãos. Segundo MIRANDA et alii (1982), o "screening" de material genético em casa de vegetação, em solo com alto teor de Mn, é possível somente durante o inverno, quando as temperaturas são mais amenas e os sintomas de toxicidade, mais evidentes.

O objetivo deste trabalho foi verificar o efeito de diferentes temperaturas sobre a tolerância de dois cultivares de soja em diferentes níveis de manganês, em solução nutritiva.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O delineamento estatístico empregado foi de parcelas subdivididas, com duas repetições em distribuição inteiramente casualizada. As parcelas foram formadas por quatro concentrações de manganês (0, 1; 2; 4 e 6 mg/litro) e as subparcelas, por dois cultivares de soja (Biloxi e Forrest), estudados em três temperaturas (22, 25 e 28°C). Os cultivares foram escolhidos em virtude de Biloxi ter mostrado tolerância e Forrest, suscetibilidade, à toxicidade de Mn em trabalho anterior (MASCARENHAS et alii, 1984).

Sementes dos dois cultivares foram pré-germinadas durante 48 horas, selecionando-se vinte plântulas uniformes de cada um, as quais foram adaptadas em quatro telas de náilon: estas foram colocadas sobre quatro vasilhas plásticas de 8,3 litros de capacidade, contendo soluções nutritivas, de modo que as radículas ficassem em contacto com a solução e tivessem, portanto, um pronto suprimento de nutrientes.

A concentração das soluções nas quatro vasilhas plásticas foi a seguinte:  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  0,4 mM,  $\text{MgSO}_4$  0,2mM,  $\text{KNO}_3$  0,4mM,  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  0,4mM,  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  0,05mM,  $\text{H}_3\text{BO}_3$  1 $\mu\text{M}$ ,  $\text{CuSO}_4$  0,03 $\mu\text{M}$ ,  $\text{ZnSO}_4$  0,08 $\mu\text{M}$ ,

NaCl 3 $\mu$ M, Na<sub>2</sub>MoO<sub>4</sub> 0,01 $\mu$ M e FeCl<sub>3</sub> 10 $\mu$ M. A cada uma das quatro soluções foi adicionado MnSO<sub>4</sub>.4H<sub>2</sub>O, de modo a se obterem soluções com 0,11; 2; 4 e 6 mg/litro de Mn<sup>2+</sup>. O pH das soluções foi previamente ajustado a 4,8 com solução de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1N, sendo mantido constante por ajustamentos diários durante todo o experimento. As soluções foram continuamente arejadas e as vasilhas plásticas contendo as soluções e plântulas, colocadas em banho-maria, com nível de temperatura variando conforme o tratamento. O experimento foi mantido com luz artificial em sua totalidade.

As plantas, após desenvolverem-se nessas condições por quinze dias, foram retiradas das soluções, separando-se as raízes e as partes aéreas das vinete plântulas de cada cultivar. As partes aéreas de cada tratamento foram colocadas para secar em estufa com temperatura de 60°C por cinco dias, quando foi determinado seu peso seco. As partes aéreas secas foram analisadas segundo método descrito por BATALIA et alii (1978) para obtenção dos teores de P, K, Ca, Mg, Fe, Mn e Zn. Foram calculadas equações de regressão do peso seco da parte aérea em função das concentrações de Mn na solução para as três temperaturas e para os dois cultivares estudados.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O efeito de temperatura foi marcante sobre o tipo e o grau de sintomas para os dois cultivares. Baixa temperatura, 22°C, afetou muito mais o crescimento da planta do que o efeito tóxico de Mn, ocasionando aparecimento de internódios bem curtos; foi observada clorose nas folhas apenas a partir de 4 mg/litro de Mn, para 'Biloxi' e 'Forrest', porém mais acentuada no último. Com a maturação das folhas, a clorose ficou menos evidenciada. Os cotilédones foram bastante afetados, ficando mais amarelados e enrugados a 6 mg/litro de Mn do que a 2 mg/litro de Mn, especialmente no 'Forrest'. Também, tanto ao nível de 4 mg/litro como de 6 mg/litro de Mn, observaram-se muitas pontuações castanhas nas folhas do 'Forrest', e somente a 6 mg/litro em Biloxi. A 0,11 mg/litro de Mn, que foi a concentração testemunha, à temperatura de 22°C, houve diminuição do tamanho das plantas porém não má-formação delas.

Embora as plantas tenham crescido normalmente, notou-se que em 2mg/litro foi possível separar o 'Forrest', que se mostrou mais suscetível que o 'Biloxi' através do enrugamento e clorose nas folhas. A 2 mg/litro de Mn, os cotilédones não foram afetados no 'Biloxi', mas no 'Forrest' foi observado amarelecimento e, à medida que as doses de Mn cresceram, houve maior efeito da toxicidade nos cotilédones em ambos. As plantas do 'Forrest' a 4 mg/litro de Mn mostraram enrugamento com clorose e muitas pontuações castanhas nas folhas, e a 6 mg/litro de Mn, por ocasião da colheita, as plantas estavam secas. A 28°C, o 'Biloxi' também foi severamente afetado quan-

do submetido às mais altas concentrações de Mn das plantas, com internódios bem mais compridos, enquanto na concentração de 2 mg/litro de Mn não se evidenciou nenhum sintoma de toxicidade tanto nas folhas como nos cotilédones, para os dois cultivares. A 4 mg/litro de Mn, verificaram-se sintomas leves, como algum enrugamento nas folhas e amarelecimento dos cotilédones, enquanto, a 6 mg/litro de Mn, os sintomas foram mais acentuados, em particular no 'Forrest'.

No quadro 1, pela análise estatística individual para cada temperatura, observa-se que houve significância ao nível de 1% para concentração de Mn (doses) e cultivares nas três temperaturas. A análise conjunta mostrou que a temperatura, concentração e cultivar foram importantes fatores, e a interação cultivar  $\times$  temperatura indicou que o comportamento do culti-

QUADRO 1 — Análise de variância para matéria seca da parte aérea de dois cultivares de soja, utilizando quatro níveis de Mn a 22, 25 e 28°C em solução nutritiva e sua análise em conjunto

Causa de variação	G.L.	Q.M.		
		22°C	25°C	28°C
Doses (concentração de Mn)	3	1235,06 **	2195,73 **	1095,50 **
Erro I	4	34,062	206,37	75,63
Parcelas	(7)	548,78	1058,96	512,71
Cultivar	1	1701,56 **	2550,25 **	9801,00 **
Cultivar $\times$ doses (conc. Mn)	3	104,56	37,08	156,8
Erro II	4	76,25	95,38	192,62
<b>TOTAL</b>	<b>15</b>			

Causa de variação	G.L.	Q.M.
Temperatura	2	15139 **
Erro I	3	3,67
Parcelas	(5)	6057,8
Doses (conc. Mn)	3	4313 **
Temperatura $\times$ doses (conc. Mn)	6	106,5
Erro II	9	139
Cultivar	1	12129 **
Cultivar $\times$ doses (conc. Mn)	3	58
Cultivar $\times$ temperatura	2	962 **
Cultivar $\times$ temperatura $\times$ doses (conc. Mn)	6	128
Erro III	12	98
<b>TOTAL</b>	<b>47</b>	

var apresentou variações sob diferentes temperaturas. As interações cultivar x doses (concentração de Mn) e cultivar x temperatura x doses não foram significativas.

Pelo quadro 2, verifica-se que, à medida que a temperatura foi alterada de 28 para 22°C, houve uma redução marcante no desenvolvimento da planta, afetando, conseqüentemente, a produção de matéria seca. A 25°C, os dois cultivares de soja se diferenciam bastante um do outro, sendo que o valor seletivo do 'Biloxi' é 82% e, do 'Forrest', 68%. Já para as temperaturas de 22 e 28°C esta mesma tendência é observada para 4,0 e 6,0 mg/litro de manganês.

QUADRO 2 – Produção média de matéria seca da parte aérea de dois cultivares estudados em solução nutritiva com níveis de 0,11; 2; 4 e 6 mg/litro de Mn e às temperaturas de 22, 25 e 28°C

Tratamento	Matéria seca da parte aérea											
	22°C				25°C				28°C			
	'Biloxi'		'Forrest'		'Biloxi'		'Forrest'		'Biloxi'		'Forrest'	
mg/litro de Mn	mg	%	mg	%	mg	%	mg	%	mg	%	mg	%
0,11	110	100	100	100	136	100	118	100	186	100	136	100
2	100	91	80	80	111	82	80	68	167	90	126	93
4	90	82	60	60	97	71	68	58	157	88	118	87
6	70	80	60	60	84	62	62	51	155	83	88	65

Os resultados de produção de matéria seca dos dois cultivares mostram que altas temperaturas reduzem o efeito de toxicidade de Mn em soja. Aparentemente a diminuição de toxicidade de Mn sob alta temperatura (28°C) não foi devida à redução de concentração de Mn na parte aérea, uma vez que houve aumento dessa concentração à medida que se aumentou a temperatura em ambos os cultivares (Quadro 3), confirmando dados de HEENAN & CARTTER (1977) observados para soja e outras culturas (MUNNS et alii, 1963, e BOLOSKO & SMITH, 1971). Embora na análise de variância para matéria seca (Quadro 1) a interação tripla (cultivar x temperatura x doses de Mn) não tenha sido estatisticamente significativa, os presentes resultados mostraram comportamento diferencial de cultivares em relação à toxicidade de Mn, avaliada pela concentração do micronutriente nas folhas, principalmente sob temperaturas baixas (22 e 25°C). O 'Biloxi' apresentou sempre maior concentração de Mn na parte aérea em relação ao 'For-

rest' (Quadro 3); pode-se assumir que as diferenças entre cultivares para tolerância à toxicidade em temperaturas mais baixas (22 e 25°C) não foram devidas, de per si, à concentração das soluções, tendo em vista que em ambos ela atingiu valores elevados, não ocorrendo, portanto, para cultivar tolerante, mecanismo de exclusão. Com exceção do manganês, os teores de macro e micronutrientes na parte aérea, tanto para o cultivar Biloxi como para o Forrest, não apresentaram variações evidentes à medida que se aumentaram os níveis de Mn nas soluções.

Pela figura 1, verifica-se maior inclinação da reta da equação de regressão entre matéria seca da parte aérea e concentração do manganês na solução a 25°C em relação às retas correspondentes às temperaturas de 22 e 28°C; portanto, as diferenças em matéria seca a 25°C são maiores para o mesmo aumento na concentração de Mn na solução do que nas outras temperaturas. Os dados apresentados no quadro 2 e na figura 1 permitem considerar que 25°C seria a temperatura mais adequada para avaliação da toxicidade de manganês em soja.

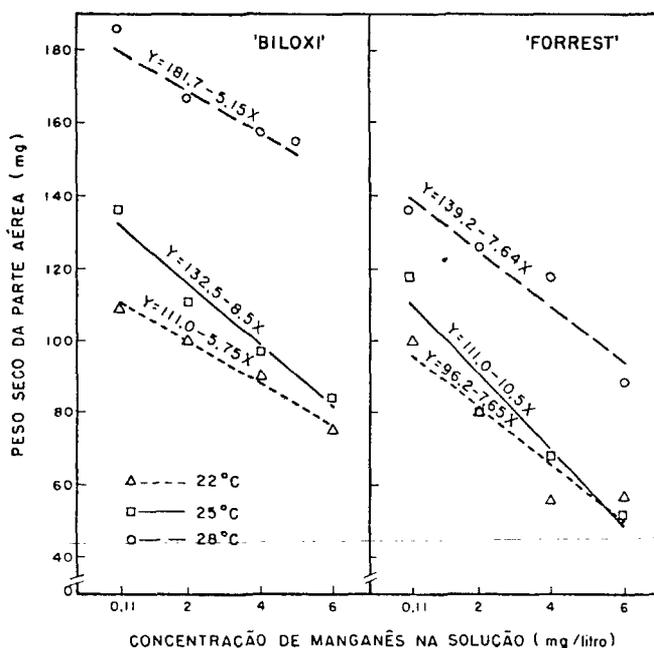


FIGURA 1 – Relação entre o peso seco da parte aérea e a concentração de manganês na solução nutritiva a três temperaturas na raiz para dois cultivares de soja.

QUADRO 3 — Teores de macro e micronutrientes na matéria seca da parte aérea de dois cultivares de soja estudados em solução nutritiva com níveis de 0,11; 2; 4 e 6 mg/litro de Mn e com temperaturas de 22, 25 e 28°C

Tratamentos	'Biloxi'							'Forrest'						
	%			ppm				%			ppm			
	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn
	22°C							22°C						
0,11	0,55	3,59	0,74	0,45	26	66	98	0,69	4,22	0,78	0,54	21	60	96
2	0,59	3,58	0,79	0,47	18	835	93	0,71	3,61	0,60	0,46	19	646	97
4	0,60	3,52	0,73	0,43	26	1150	88	0,74	3,44	0,53	0,44	20	947	92
6	0,68	3,67	0,73	0,49	25	1368	95	0,70	3,44	0,51	0,46	25	1207	95
	25°C							25°C						
0,11	0,70	3,46	0,61	0,41	28	66	103	0,74	3,86	0,68	0,49	30	55	97
2	0,69	3,33	0,72	0,42	29	870	111	0,80	3,52	0,61	0,46	27	633	106
4	0,69	3,32	0,77	0,45	21	1229	114	0,73	3,36	0,57	0,46	25	962	109
6	0,69	3,30	0,74	0,49	26	1413	134	0,67	3,14	0,55	0,44	29	1266	130
	28°C							28°C						
0,11	0,54	3,32	0,56	0,35	27	53	90	0,59	3,21	0,60	0,42	34	53	91
2	0,58	3,56	0,79	0,45	35	1021	107	0,59	3,63	0,68	0,45	25	770	99
4	0,59	3,69	0,73	0,43	36	1349	122	0,59	3,44	0,59	0,42	42	1140	117
6	0,74	3,61	0,73	0,43	32	1491	91	0,50	3,26	0,50	0,38	34	1182	96

## SUMMARY

SOYBEAN TOLERANCE TO MANGANESE IN NUTRIENT SOLUTION  
UNDER THREE TEMPERATURES

Two soybean cultivars (Biloxi and Forrest) were grown under three different temperatures (22, 25 and 28°C) in nutrient solutions containing four levels of manganese (0.11; 2; 4 and 6mg/l) in an experiment carried out at Campinas, in 1983. Mn tolerance differences were evaluated by dry matter weight of the above ground parts after a period of 15 days of growth. The results showed that as the temperature were reduced from 28 to 22°C there was a reduction in the plant growth of the two cultivars which affected the dry matter weight. At 25°C and at the level of 2 mg/l of Mn, Forrest was susceptible and Biloxi, tolerant, being this condition appropriate for screening soybean germoplasm for Mn tolerance. This separation could also be done at 22 and 28°C at 4 and 6 mg/l levels of Mn, respectively. High temperature (28°C) showed reduction of Mn toxicity in both soybean cultivars. The cultivar Biloxi always showed at all temperatures greater concentration of Mn than Forrest.

**Index terms:** mineral nutrition, *Glycine max* (L.) Merrill, breeding, temperature, manganese, tolerance.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos funcionários Ângela Maria Caldeira da Silva e Francisco Vidal Filho, da Seção de Leguminosas, a colaboração prestada, e à Seção de Química Analítica a análise química de material vegetal.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDREW, C.S. & HEGARTY, M.P. Comparative response do manganese excess of eight tropical and four temperate pasture legumes. *Australian Journal of Agricultural Research*, 20(4): 687-696, 1969.
- BATAGLIA, O.C.; TEIXEIRA, J.P.F.; FURLANI, P.R.; FURLANI, A.M.C. & GALLO, J.R. Métodos de análise química de plantas. Campinas, Instituto Agrônômico, 1978. 31p. (Circular, 87)
- BOLOSKO, J.A. & SMITH, D. Influence of temperature and nitrogen fertilization on growth and composition of switch grass (*Panicum vergatum* L.) and timothy (*Phleum pratense* L.) at anthesis. *Agronomy Journal*, 63: 853-857, 1971.
- FOY, C.D.; FLEMING, A.L. & ARMINGER, W.H. Differential tolerance of cotton varieties to excess manganese. *Agronomy Journal*, 61: 690-693, 1969.

- HEENAN, D.P. & CARTER, O.G. Influence of temperature on the expression of manganese toxicity by two soybean varieties. *Plant and Soil*, **47**:219-227, 1977.
- MASCARENHAS, H.A.A.; BRAGA, N.R.; BULISANI, E.A.; FEITOSA, C.T.; HIROCE, R. & BATAGLIA, O.C. Efeito do corretivo sobre soja cultivada em solo de cerrado contendo Al e Mn. In: SEMINÁRIO DE PESQUISA DE SOJA, 2., Brasília, 1981. *Anais*. v.2, p. 567-573.
- ; CAMARGO, C.E.O. & FALIVENE, S.M.P. Comportamento de cultivares de soja em solução nutritiva contendo diferentes níveis de manganês. *Bragantia*, Campinas, **43**(1):201-209, 1984.
- MIRANDA, M.A.C. de; MASCARENHAS, H.A.A.; BULISANI, E.A.; VALADARES, J.M.S. & HIROCE, R. Comportamento de dois cultivares de soja em função de Mn do solo. *Bragantia*, Campinas, **41**:135-143, 1982.
- MUNNS, D.M.; JOHNSON, C.M. & JACOBSON, L. Uptake and distribution of manganese in oat plants. I. Varietal variation. *Plant and Soil*, **19**:115-125, 1963.
- OUELLETTE, G.I. & DESSUREAUX, L. Chemical composition of alfalfa as related to degree of tolerance to manganese and aluminum. *Canadian Journal of Soil Science*, **38**:206-214, 1958.