



Revista Brasileira de Ciência do Solo

ISSN: 0100-0683

revista@sbccs.org.br

Sociedade Brasileira de Ciência do Solo  
Brasil

ROSOLEM, C. A.; FERELLI, L.

RESPOSTA DIFERENCIAL DE CULTIVARES DE ALGODÃO AO MANGANÊS EM SOLUÇÃO  
NUTRITIVA

Revista Brasileira de Ciência do Solo, vol. 24, núm. 2, 2000, pp. 355-361

Sociedade Brasileira de Ciência do Solo  
Viçosa, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=180218304014>

- ▶ Como citar este artigo
- ▶ Número completo
- ▶ Mais artigos
- ▶ Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal  
Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

## **RESPOSTA DIFERENCIAL DE CULTIVARES DE ALGODÃO AO MANGANÊS EM SOLUÇÃO NUTRITIVA<sup>(1)</sup>**

**C. A. ROSOLEM<sup>(2)</sup> & L. FERELLI<sup>(3)</sup>**

### **RESUMO**

**Enquanto a toxidez de Mn pode ser um problema para a cultura do algodoeiro nos estados de São Paulo e Paraná, a deficiência pode causar problemas nas áreas de solos sob cerrado. No presente trabalho, objetivou-se o estudo da resposta comparativa de cultivares de algodão ao Mn, em solução nutritiva. Plantas de algodão dos cultivares Coodetec 401, CNPA-ITM 90 e IAC 22 foram cultivadas em vasos, com solução nutritiva que continha 0,0, 36,4, 72,8, 145,5 e 290,9  $\mu\text{mol L}^{-1}$  de Mn, por 70 dias. Foi observado sintoma de deficiência de Mn apenas no tratamento sem Mn, para os três cultivares. A deficiência de Mn na solução nutritiva provocou a diminuição da altura das plantas, produção de matéria seca, absorção de Mn e retenção de estruturas reprodutivas. Não foram notados sintomas visuais de toxidez de Mn em qualquer dos três cultivares, mesmo com teores muito altos do nutriente nas folhas. Embora os três cultivares não apresentem diferenças quanto à absorção total de Mn, IAC 22 é mais sensível à toxidez, enquanto Coodetec 401 e CNPA-ITM 90 são mais sensíveis à deficiência do nutriente. Pode haver prejuízo na fixação de estruturas reprodutivas, tanto com deficiência como com toxidez de Mn, sem sintomas aparentes.**

**Termos de indexação:** *Gossipium hirsutum*, micronutriente, nutrição mineral.

<sup>(1)</sup> Recebido para publicação em agosto de 1999 e aprovado em fevereiro de 2000.

<sup>(2)</sup> Professor Titular do Departamento de Agricultura e Melhoramento Vegetal, Faculdade de Ciências Agronômicas, UNESP, Caixa Postal 237, CEP 18603-970 Botucatu (SP). Bolsista do CNPq. E-mail: rosolem@fca.unesp.br.

<sup>(3)</sup> Engenheiro-Agrônomo. Bolsista do CNPq/PIBIC junto ao Departamento de Agricultura e Melhoramento Vegetal, Faculdade de Ciências Agronômicas, UNESP.

**SUMMARY: DIFFERENTIAL RESPONSE OF COTTON CULTIVARS TO MANGANESE IN NUTRIENT SOLUTION**

*Manganese toxicity may be a major constraint to cotton production in the states of São Paulo and Paraná and Mn deficiency may be a problem in the cerrado areas of Brazil. The objective of this experiment was to study the differential response of three cotton cultivars to Mn in nutrient solution. Cotton plants of the cultivars Coodetec 401, CNPA-ITM 90 and IAC 22 were grown in pots with nutrient solutions containing 0.0, 36.4, 72.8, 145.5 and 290.9 mmol L<sup>-1</sup> of Mn for 70 days after emergence. Deficiency symptoms were noticed only in the Mn-free treatment in all of the three cultivars. There was an effect of Mn deficiency in the nutrient solution decreasing plant height, dry matter production, Mn accumulation and the retention of reproductive structures. There was no visual symptoms of Mn toxicity in any of the cotton cultivars, despite the high levels of Mn in the leaves. There was no difference in Mn accumulation among the three cotton cultivars, but IAC 22 was more sensitive to Mn toxicity and Coodetec 401 and CNPA-ITM 90 were more sensitive to Mn deficiency. Both Mn deficiency and toxicity may lead to decreased cotton production with no visual symptoms.*

*Index terms: Gossypium hirsutum, micronutrient, mineral nutrition.*

## INTRODUÇÃO

O manganês encontra-se no solo em concentração que varia de 20 a 3.000 mg kg<sup>-1</sup>, sendo freqüente a ocorrência de valores próximos de 350 mg kg<sup>-1</sup>. Ocorre na forma trocável, na solução do solo como quelatos e fixado, porém facilmente removível. É absorvido principalmente como Mn<sup>2+</sup> e translocado, predominantemente, como cátion bivalente livre no xilema, a partir da raiz (Malavolta, 1980). Em solos tropicais e subtropicais ácidos, ocorre maior disponibilidade e, portanto, maior probabilidade de ocorrência de toxidez de manganês, principalmente quando há teor elevado de matéria orgânica. A disponibilidade de manganês é reduzida cem vezes com o aumento de uma unidade de pH (Malavolta, 1980; Raij, 1991).

O algodoeiro absorve Mn praticamente durante todo o ciclo (Mullins & Burmester, 1993), acumulando de 260 a 450 g ha<sup>-1</sup> do nutriente. A maior velocidade de absorção ocorre durante o florescimento, quando são acumulados de 35 a 47% do total. Ao final do ciclo, em média, 56% do Mn está nas folhas, 20% nas hastes, 18% nos capulhos e 6% nas sementes do algodoeiro (Mullins & Burmester, 1993).

O sintoma típico de deficiência é a clorose internerval em folhas jovens, pois o manganês é pouco móvel na planta (Hocking et al., 1977). Além deste sintoma, Rosolem & Bastos (1997) notaram clorose marginal das folhas mais novas, que eram enrugadas e tinham o limbo com bordas voltadas para baixo. Ohki (1973) descreveu, ainda, a ocorrência de entrenós mais curtos e queda de folhas em plantas deficientes. A faixa de teores críticos de

Mn em folhas de algodão recém-maduras, para deficiência, está entre 20 (Ohki, 1974) e 30 mg kg<sup>-1</sup> (Rosolem & Boaretto, 1989).

A toxidez de Mn em algodão caracteriza-se por enrugamento das folhas mais novas (Foy, 1995) e pontuações negras entre as nervuras, que evoluem para necrose (Rehab & Wallace, 1978). Além disso, pode ocorrer necrose nas extremidades das brácteas, com redução na produção de matéria seca de raízes e fixação de menor número de maçãs. O nível considerado tóxico para o algodoeiro está em torno de 750 mg kg<sup>-1</sup> na matéria seca (Edwards & Asher, 1982), mas foram encontrados níveis da ordem de até 5.000 mg kg<sup>-1</sup> (Rehab & Wallace, 1978), para que se notassem sintomas de fitotoxidez.

A calagem é recomendada, no estado de São Paulo, visando à eliminação de Mn tóxico (Raij, 1991). A recomendação para algodão foi desenvolvida, utilizando-se, principalmente, cultivares desenvolvidos pelo Instituto Agronômico de Campinas, como é o caso do IAC 22. Desta forma, é interessante conhecer a sensibilidade relativa dos novos cultivares, desenvolvidos em outros centros de melhoramento, procurando-se subsídios para a recomendação de calagem. Por outro lado, há indicações de que, em solos sob cerrado, haveria possibilidade de resposta do algodoeiro à adubação com Mn.

O objetivo deste trabalho foi estudar a resposta de cultivares de algodão ao manganês, comparando-os ao IAC 22. Pretendeu-se determinar a resposta dos cultivares de algodão Coodetec 401, CNPA-ITM 90 e IAC 22 ao manganês em solução nutritiva e na planta, que pudessem causar deficiência ou toxidez do elemento.

## MATERIAL E MÉTODOS

Sementes de algodão (*Gossipium hirsutum*, L.), cv. Coodetec 401 (C 401), CNPA-ITM 90 (ITM 90) e IAC 22 foram postas a germinar em bandejas plásticas com três litros de capacidade em substrato de vermiculita. Seis dias após a emergência, estando as plantas com os cotilédones abertos, foram transplantadas para vasos de quatro litros de capacidade com solução nutritiva de crescimento (Quadro 1), completa, diluída a 1/3. Em cada vaso, foram colocadas seis plantas, sendo duas de cada cultivar. A oxigenação da solução, durante todo o experimento, foi feita através de tubos plásticos conectados a um compressor de ar e o pH foi monitorado a cada dois dias, sendo corrigido para 5,8 adicionando-se NaOH 0,1 mol L<sup>-1</sup> sempre que necessário.

Aos 17 dias da emergência das plantas, iniciou-se o tratamento com manganês, utilizando as concentrações de 0,0, 18,2, 36,4, 54,6 e 72,8 µmol L<sup>-1</sup> de Mn na solução nutritiva, que foi empregada diluída a 50%. Aos 28 dias, as plantas foram transferidas para vasos de 25 litros de capacidade, sendo adicionada a solução nutritiva completa (Quadro 1). Nesta fase, também foram cultivadas seis plantas por vaso, sendo duas de cada cultivar. A concentração de manganês nas soluções foi aumentada para 0,0, 36,4, 72,8, 109,0 e 145,5 µmol L<sup>-1</sup> de Mn. As soluções nutritivas foram trocadas a cada 10 dias. Aos 48 dias, como não havia sintoma visual de fitotoxicidade, as concentrações de manganês nas

soluções foram modificadas para 0,0, 36,4, 72,8, 145,5 e 290,9 µmol L<sup>-1</sup> de Mn, com o propósito de provocar a toxidez. Setenta dias após a emergência, as plantas foram colhidas, lavadas e separadas em raiz, caule e ramos, 3<sup>a</sup> e 4<sup>a</sup> folhas, folhas e estruturas reprodutivas. O material foi embalado e seco em estufa com ventilação forçada, a 65°C, por 72 h, e depois pesado e moído. Determinou-se, por espectrometria de absorção atômica, o teor de manganês nos diversos tecidos, após digestão úmida com a mistura nitroperclórica.

O experimento foi realizado num esquema fatorial 3 x 5, com três cultivares e cinco concentrações de Mn na solução nutritiva, em blocos inteiramente casualizados, com quatro repetições. Os dados foram submetidos à análise de variância. As médias obtidas foram comparadas pelo teste t (Diferença Mínima Significativa) e regressões foram ajustadas quando pertinente. Foi escolhida a regressão, considerando-se o maior coeficiente (R<sup>2</sup>) entre as significativas pelo teste F.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi observado sintoma típico de deficiência de manganês nas plantas do tratamento sem Mn, caracterizado por clorose internerval em folhas jovens, como descrito por Hocking et al. (1977). As plantas do tratamento sem Mn apresentaram estruturas reprodutivas tardivamente, além disso, as estruturas presentes eram atrofiadas e murchavam precocemente, secavam e caíam. Por ocasião da colheita, poucas flores estavam fixadas e quase nenhum fruto em formação foi encontrado. Não foi observado sintoma visível de fitotoxicidade do elemento nas plantas.

Rosolem & Bastos (1997) observaram menor número de maçãs em plantas de algodão deficientes em Mn. No presente trabalho, o número total de estruturas reprodutivas produzidas não foi significativamente alterado pelos níveis de Mn na solução, mas C 401 havia produzido, aos 70 dias, mais estruturas reprodutivas (16,1) do que os demais, ou seja 12,2, para ITM 90, e 12,4, para IAC 22. Entretanto, a percentagem de fixação de frutos foi afetada pelos tratamentos, resultando em carga pendente diferente por ocasião da colheita aos 70 dias da emergência das plantas. Na figura 1, pode ser visto que, na região de deficiência, ou seja, nos dois primeiros níveis de Mn na solução nutritiva, não houve diferença entre os cultivares, entretanto, IAC 22 mostrou-se mais sensível e C 401 menos sensível à toxidez de Mn. Para eliminar completamente a queda de estruturas reprodutivas em virtude da deficiência de Mn, foi necessária a presença de 73 µmol L<sup>-1</sup> de Mn na solução. Entretanto, sintomas visuais de deficiência somente foram observados no nível 0,0 µmol L<sup>-1</sup> de Mn.

**Quadro 1. Composição da solução nutritiva utilizada no crescimento das plantas de algodão**

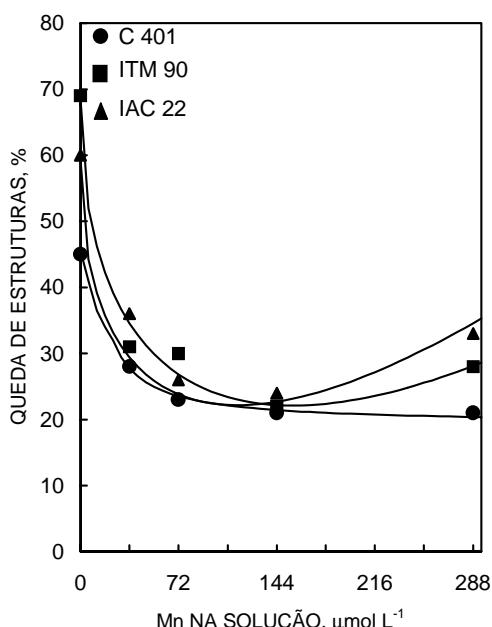
Sal	Solução estoque	Solução de crescimento
	mol L <sup>-1</sup>	ml L <sup>-1</sup>
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> . 4 H <sub>2</sub> O	1	2,60
KNO <sub>3</sub>	1	1,28
KCl	1	0,52
NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	1	0,90
MgSO <sub>4</sub> . 7H <sub>2</sub> O	1	0,60
	mmol L <sup>-1</sup>	
NH <sub>4</sub> H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	52	2,50
Fe-EDTA	40	1,00
ZnSO <sub>4</sub> . 7H <sub>2</sub> O	2	1,00
(NH <sub>4</sub> ) <sub>6</sub> Mo <sub>7</sub> O <sub>2</sub> . 4H <sub>2</sub> O	0,086	1,00
CuSO <sub>4</sub>	0,5	1,00
H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	21	1,00
MnCl <sub>2</sub> . 4H <sub>2</sub> O	7	0,00
MnCl <sub>2</sub> . 4H <sub>2</sub> O	7	5,20
MnCl <sub>2</sub> . 4H <sub>2</sub> O	7	10,40
MnCl <sub>2</sub> . 4H <sub>2</sub> O	7	20,80
MnCl <sub>2</sub> . 4H <sub>2</sub> O	7	41,61

Portanto, mesmo sem deficiência aparente de Mn, poderia estar havendo prejuízo na produtividade. Assim, parece que a função do Mn na fase luminosa da fotossíntese, clivando a molécula de água e efetuando a transferência de elétrons para o fotossistema II (Cheniae & Martin, 1968), com o consequente efeito na fosforilação, redução de  $\text{CO}_2$ , nitrito, e sulfato é mais sensível que sua função na organização do sistema lamelar dos cloroplastos (Possingham et al., 1964), pois há efeito no crescimento, antes que haja manifestação de sintomas como amarelecimento internerval.

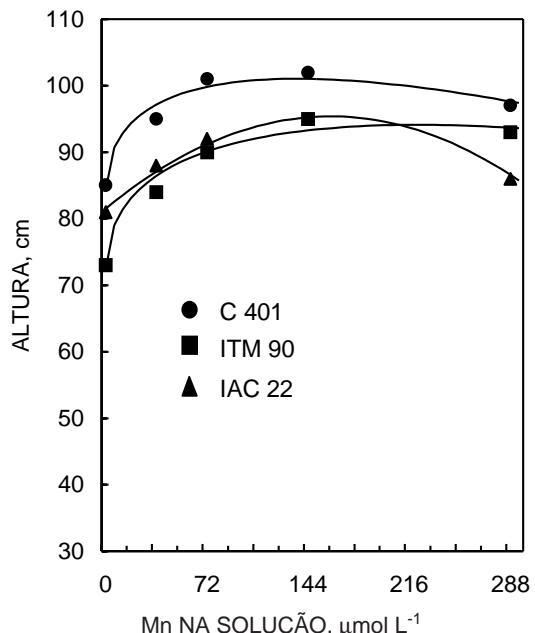
Por outro lado, mesmo sem sintomas aparentes de fitotoxicidade, o IAC 22 já apresentava maior queda de estruturas reprodutivas, em razão do excesso de Mn nas concentrações mais altas, como já discutido.

Com relação à altura de plantas, em média, o cultivar C 401 foi mais alto (Figura 2). Os cultivares C 401 e ITM apresentaram, em média 11,9 nós, enquanto o IAC 22 10,9 nós, número significativamente menor. O diâmetro do caule foi semelhante para os três cultivares (10,9 mm, em média).

A deficiência de Mn diminuiu a altura das plantas (Figura 2), o que já havia sido notado em outros trabalhos (Ohki et al., 1979; Rosolem & Bastos, 1997).



**Figura 1. Percentagem de queda de estruturas reprodutivas de algodão em função da concentração de manganês na solução nutritiva e de variedades.** C 401:  $y = 19,33 + 302,7/x - 3,025/x^2$ ,  $R^2 = 0,99$ ; ITM 90:  $y = 68,33 - 7,41x^{0,5} + 0,297x$ ,  $R^2 = 0,98$ ; IAC 22:  $y = 59,15 - 6,88x^{0,5} + 0,32x$ ,  $R^2 = 0,99$ .

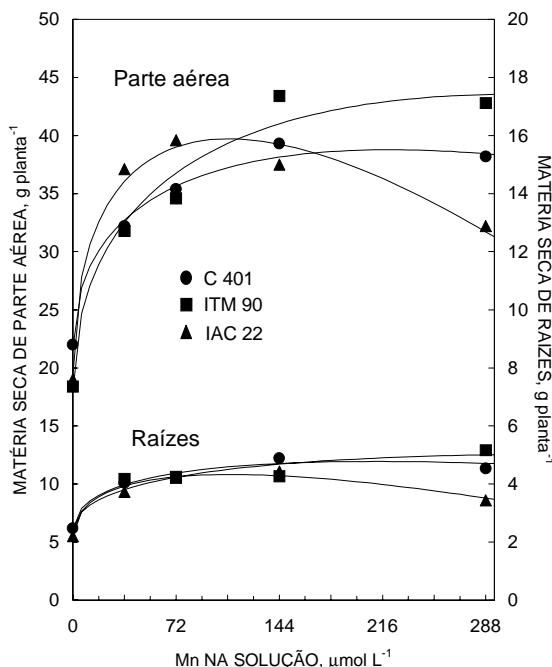


**Figura 2. Altura de plantas de algodão em função da concentração de manganês na solução nutritiva e de variedades.** C 401:  $y = 84,5 + 2,85x^{0,5} - 0,122x$ ,  $R^2 = 0,96$ ; ITM 90:  $y = 72,5 + 2,90x^{0,5} - 0,10x$ ,  $R^2 = 0,98$ ; IAC 22:  $y = 81,5 + 0,17x - 0,0005x^2$ ,  $R^2 = 0,99$ .

Entretanto, não foi observada redução significativa no número de nós, como havia sido observado por Ohki (1973). A máxima altura foi atingida no nível de 73  $\mu\text{mol L}^{-1}$  de Mn na solução nutritiva. Também, neste caso, o IAC 22 mostrou maior sensibilidade que os demais cultivares em altas concentrações de Mn na solução nutritiva.

Quando se considerou a produção de matéria seca, foi observada resposta das plantas aos níveis de Mn na solução nutritiva (Figura 3). O nível de 36  $\mu\text{mol L}^{-1}$  de Mn foi suficiente para o máximo crescimento de raízes, mas a máxima produção de matéria seca da parte aérea somente foi atingida com 146  $\mu\text{mol L}^{-1}$  de Mn, para C 401 e ITM 90, e 73  $\mu\text{mol L}^{-1}$  de Mn, para IAC 22. Novamente, o IAC 22 mostrou-se mais sensível que os demais à toxicidade de Mn, pois houve redução na produção de matéria seca desse cultivar a partir de 144  $\mu\text{mol L}^{-1}$  de Mn na solução nutritiva, o que não ocorreu com os outros cultivares.

Com relação aos teores de Mn nas partes das plantas, não houve diferença entre os três cultivares na parte aérea, ou seja, hastes e folhas (Figura 4). A concentração de Mn nas hastes aumentou exponencialmente com a disponibilidade do nutriente, chegando a 370  $\text{mg kg}^{-1}$ , ao passo que as

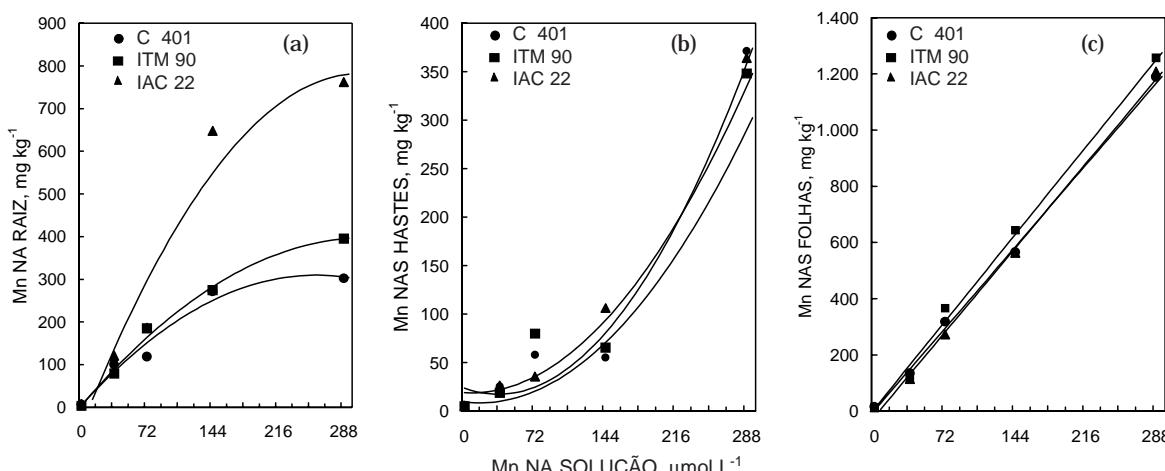


**Figura 3. Matéria seca da parte aérea e das raízes de algodoeiro em função da variedade e da concentração de manganês na solução nutritiva.**  
**Parte aérea:** C 401:  $y = 21,8 + 2,29x^{0,5} - 0,077x$ ,  $R^2 = 0,99$ ; ITM 90:  $y = 18,0 + 2,91x^{0,5} - 0,083x$ ,  $R^2 = 0,96$ ; IAC 22:  $y = 19,4 + 3,90x^{0,5} - 0,187x$ ,  $R^2 = 0,98$ . **Raízes:** C 401:  $y = 2,5 + 0,32x^{0,5} - 0,011x$ ,  $R^2 = 0,92$ ; ITM 90:  $y = 2,4 + 0,28x^{0,5} - 0,007x$ ,  $R^2 = 0,92$ ; IAC 22:  $y = 2,2 + 0,41x^{0,5} - 0,020x$ ,  $R^2 = 0,98$ .

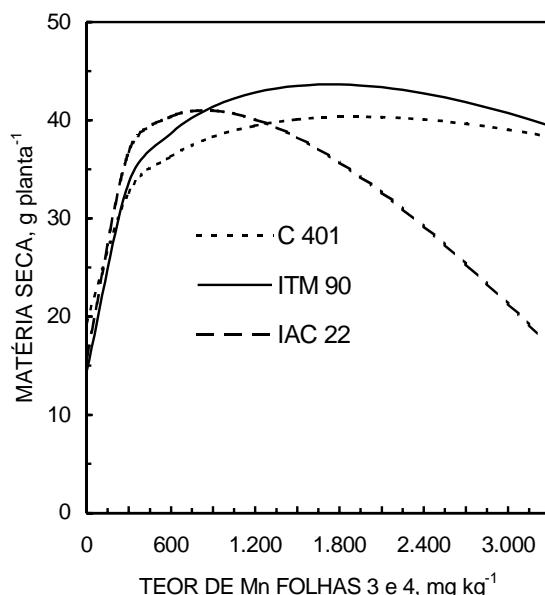
concentrações de Mn nas folhas teve aumento linear, chegando ao máximo de  $1.250 \text{ mg kg}^{-1}$  de Mn. Nas raízes, C 401 e ITM 90 apresentaram teores semelhantes, com resposta quadrática, atingindo, com o maior nível de Mn na solução nutritiva, valores da ordem de  $300 \text{ mg kg}^{-1}$ . O IAC 22 também apresentou resposta quadrática, mas chegou a teores bem mais altos de Mn nas raízes, da ordem de  $800 \text{ mg kg}^{-1}$ . Desta forma, o IAC 22 parece ter um mecanismo de regulação que limita a translocação de Mn para a parte aérea, quando o nutriente encontra-se em níveis tóxicos, mas, mesmo assim, não foi evitado efeito do excesso de Mn na parte aérea.

Não houve diferença significativa nas quantidades de Mn acumuladas pelas plantas dos três cultivares estudados. Embora o IAC 22 tivesse teores maiores do nutriente nas raízes, a menor produção de matéria seca compensou o maior teor, resultando em absorção total de Mn semelhante à dos demais cultivares.

Quando se consideraram os teores de Mn nas folhas 3 e 4, correspondentes às folhas recentemente maduras, novamente notou-se que o IAC 22 foi mais sensível à toxidez de Mn (Figura 5). Os teores necessários para obter 90% da produção máxima foram 600, 650 e 305 mg kg<sup>-1</sup>, respectivamente, para C 401, ITM 90 e IAC 22. Assim, em locais onde IAC 22 não responde à aplicação de Mn, é possível que haja resposta de C 401 e ITM 90. Entretanto, esta hipótese necessita ser confirmada por meio de experimentação de campo antes que seja generalizada. Os teores obtidos no presente trabalho são muito superiores àqueles da literatura, que, normalmente, estão entre 20 e 30 mg kg<sup>-1</sup> de Mn



**Figura 4. Teores de manganês nas raízes, hastes e folhas de algodoeiro em função da variedade e da concentração de manganês na solução nutritiva.**  
**Raiz:** C 401:  $y = 4,6 + 2,37x - 0,005x^2$ ,  $R^2 = 0,97$ ; ITM 90:  $y = 4,0 + 2,51x - 0,004x^2$ ,  $R^2 = 0,99$ ; IAC 22:  $y = -46,0 + 5,40x - 0,009x^2$ ,  $R^2 = 0,94$ ; **Hastes:** C 401:  $y = 23,60 - 0,37x + 0,005x^2$ ,  $R^2 = 0,98$ ; ITM 90:  $y = 18,9 - 0,06x + 0,004x^2$ ,  $R^2 = 0,96$ ; IAC 22:  $y = 9,4 - 0,12x + 0,004x^2$ ,  $R^2 = 0,99$ . **Folhas:** C 401:  $y = 2,9 + 4,04x$ ,  $R^2 = 0,99$ ; ITM 90:  $y = 8,5 + 4,31x$ ,  $R^2 = 0,99$ ; IAC 22:  $y = -20 + 4,17x$ ,  $R^2 = 0,99$ .



**Figura 5. Produção relativa de matéria seca de plantas de algodoeiro em função da variedade e da concentração de manganês nas folhas 3 e 4. C 401:  $y = 19,3 + 0,96x^{0,5} - 0,011x$ ,  $R^2 = 0,99$ ; ITM 90:  $y = 14,2 + 1,42x^{0,5} - 0,017x$ ,  $R^2 = 0,94$ ; IAC 22:  $y = 15,5 + 1,75x^{0,5} - 0,030x$ ,  $R^2 = 0,92$ .**

(Ohki, 1974; Rosolem & Boaretto, 1989). Talvez isso tenha ocorrido por ter sido o experimento realizado em casa de vegetação, onde as temperaturas são normalmente mais altas que em ambiente aberto. Na cultura da soja, altas temperaturas (acima de 30°C) causam aumento nos teores de Mn nas raízes e na parte aérea das plantas, mas o efeito e a intensidade da toxidez de Mn são muito reduzidos (Heenan & Carter, 1977; Mascarenhas et al., 1985).

Por outro lado, a produção de matéria seca da parte aérea do IAC 22 começou a decrescer quando os teores de Mn nas folhas 3 e 4 eram maiores que 700 mg kg⁻¹, mas, mesmo com teores acima de 2.000 mg kg⁻¹, não foi notado decréscimo na produtividade de ITM 90 e C 401, evidenciando, mais uma vez, a maior sensibilidade do IAC 22. A ocorrência de altos teores de Mn nas folhas para que fosse notado algum decréscimo na produtividade não é realmente surpreendente, pois Foy et al. (1995) notaram decréscimo na produção quando os teores estiveram acima de 1.500 mg kg⁻¹ de Mn, enquanto Rehab & Wallace (1978) somente detectaram fitotoxicidade a partir de 5.000 mg kg⁻¹ de Mn nas folhas do algodoeiro.

Estes resultados indicam que, possivelmente, os níveis de calagem a serem recomendados para

ITM 90 e C 401 possam ser mais baixos que para IAC 22, uma vez que, para este último, além da neutralização do Al, é necessária a neutralização do Mn tóxico para que se obtenha alta produtividade (Raij, 1991). Evidentemente essa inferência necessita de confirmação por meio de experimentos de campo, quando a reação das plantas poderá ser diferente, dependendo das condições locais.

## CONCLUSÃO

1. Os três cultivares, Coodetec 401, CNPA-ITM 90 e IAC 22, não apresentaram diferenças quanto à absorção total de Mn, mas o IAC 22 mostrou-se mais sensível à toxidez, enquanto Coodetec 401 e CNPA-ITM 90 foram mais sensíveis à deficiência do nutriente.

2. Tanto a deficiência como a toxidez de Mn, mesmo sem sintomas aparentes, podem causar prejuízo na fixação de estruturas reprodutivas.

## LITERATURA CITADA

- CHENIAE, G.M. & MARTIN, I.F. Sites of manganese function in photosynthesis. *Biochem. Biophys. Acta*, 153:819-837, 1968.
- EDWARDS, D.G. & ASHER, C.J. Tolerance of crop and pasture species to manganese toxicity. In: PLANT NUTRITION COLLOQUIUM, 9., Warwick, 1982. Proceedings. Warwick, Commonwealth Agricultural Bureau, 1982. p.145-150.
- FOY, C.D.; WEIL, R.R. & CORADETTI, C.A. Differential manganese tolerances of cotton genotypes in nutrient solution. *J. Plant Nutr.*, 18:685-706, 1995.
- HEENAN, D.P. & CARTER, O.G. Influence of temperature on expression of manganese toxicity by two soybean varieties. *Plant Soil*, 47:219-227, 1977.
- HOCKING, P.J.; PATE, J.S.; WEE, S.C. & McCOMB, A.J. Mn nutrition of Lupins spp. especially in relation to developing seeds. *Ann. Bot.*, 41:677-688, 1977.
- MALAVOLTA, E. Elementos de nutrição mineral de plantas. São Paulo, Agronômica Ceres, 1980. 253p.
- MASCARENHAS, H.A.A.; CAMARGO, L.E.O.; FALIVENE, S.M.P. & BULISANI, E.A. Tolerância da soja ao manganês em solução nutritiva em três temperaturas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 20., Belém, 1985. Programa e Resumos. Belém, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1985. p.92.
- MULLINS, G.L. & BURMESTER, C.H. Accumulation of copper, iron, manganese and zinc by four cotton cultivars. *Field Crops Res.*, 32:129-140, 1993.
- OHKI, K. Manganese nutrition of cotton under two boron levels. I. Growth and development. *Agron. J.*, 65:482-485, 1973.

- OHKI, K. Manganese nutrition of cotton under two boron levels. II. Critical Mn level. *Agron. J.*, 66:572-575, 1974.
- OHKI, K.; WILSON, D.O.; BOSWELL, F.C.; PARKER, M.B. & SHUMAN, L.L. Critical Mn deficiency level of soybean related to leaf position. *Agron. J.*, 71:233-234, 1979.
- POSSINGHAM, J.V.; VESK, M. & MERCER, F.V. The fine structure of leaf cells on Mn deficient spinach. *J. Ultrastr. Res.*, 11:68-83, 1964.
- RAIJ, B. van. Fertilidade do solo e adubação. Piracicaba, Potafos/ Agronômica Ceres, 1991. 343p.
- REHAB, F.I. & WALLACE, A. Excess trace metal effects on cotton. 1. Copper, zinc, cobalt and manganese in solution culture. *Comm. Soil Sci. Plant Nutr.*, 9:507-518, 1978.
- ROSOLEM, C.A. & BASTOS, G.B. Deficiências minerais no cultivar de algodão IAC 22. *Bragantia*, 56:377-387, 1997.
- ROSOLEM, C.A. & BOARETTO, A.E. Avaliação do estado nutricional das plantas cultivadas. In: BOARETTO, A.E. & ROsolem, C.A., eds. Adubação foliar. Campinas, Fundação Cargill, 1989. v.1. p.117-144.

