

INFLUÊNCIA DO BORO E DO MANGANÊS NO CRESCIMENTO E NA COMPOSIÇÃO MINERAL DE MUDAS DE GOIABEIRA

JOÃO ODEMIR SALVADOR¹
ADÔNIS MOREIRA²
EURÍPEDES MALAVOLTA¹
CLEUSA PEREIRA CABRAL¹

RESUMO – Dois experimentos conduzidos em solução nutritiva tiveram como objetivo avaliar os efeitos de doses de boro e de manganês no crescimento e na composição mineral de folhas de mudas de goiabeira (*Psidium guajava* L.). No experimento com boro, foram testadas sete doses (0, 0,125, 0,25, 0,5, 1,0, 1,5 e 3,0 mg L⁻¹). Pelos resultados, verificou-se que a necrose marginal e as manchas circulares púrpuras e esparsas no limbo foliar foram os principais sintomas de toxidez apresentados, sendo esses associados com a dose máxima e com um teor foliar de 146 mg kg⁻¹. Análises de tecidos foliares sem e com necroses mostraram teores de 92 e 720 mg kg⁻¹

¹, respectivamente. Somente a produção de matéria seca de raízes e o teor foliar de fósforo e enxofre foram afetados significativamente pelas doses de B. Para o manganês, foram usadas sete doses (0, 0,5, 10, 20, 30, 40 e 50 mg L⁻¹). A produção de matéria seca total e os teores foliares de Ca, Mg e Fe foram afetados pelas doses de Mn. Os sintomas foliares de toxidez evidenciaram-se em salpicos adensados de minúsculas pontuações escuras nas folhas velhas; folhas novas de dimensões menores, cloróticas e com reticulado verde das nervuras; formação de pontuações circulares castanhas espalhadas ou fundidas ao longo ou entre as nervuras.

TERMOS PARA INDEXAÇÃO: *Psidium guajava*, solução nutritiva, composição mineral, sintomas de toxidez, diagnose foliar.

BORON AND MANGANESE INFLUENCE ON GROWTH AND MINERAL COMPOSITION ON YOUNG GUAVA PLANTS

ABSTRACT – Two experiments were carried out in nutrient solution in order to evaluate the effects of boron and manganese on growth and mineral composition of young guava seedling (*Psidium guajava* L.). The treatments with boron consisted of seven levels: 0, 0.125, 0.25, 0.5, 1.0, 1.5 and 3.0 mg L⁻¹. Tip and marginal necrosis, and purple circular spots on the blade were the main observed symptoms associated with leaf boron concentration of 146 mg kg⁻¹. Analysis of leaf tissues with and without necrosis showed boron content of 92

and 720 mg kg⁻¹, respectively. Boron levels affected only dry matter roots, phosphorus, and sulfur concentration. The experiment with manganese used of seven levels: 0.0, 0.50, 10.0, 20.0, 30.0, 40.0 e 50.0 mg L⁻¹. Total dry matter production, Ca, Mg and Fe contents were affected by manganese. The toxicity symptoms became evident as dense sprinkles of minuscule dark spots in old leaves; young leaves of reduced size, chlorotic and green reticulate in the veins; formation of circular brown, and punctuations spread along or between the veins.

INDEX TERMS: *Psidium guajava*, nutrient solution, mineral composition, toxicity symptoms, foliar diagnosis.

INTRODUÇÃO

O boro é o micronutriente que mais limita a produção (Brown & Shelp, 1997), sendo, na faixa de pH 4,0 a 8,0, absorvido como H₃BO₃ e H₂BO₃⁻. A sua disponibi-

dade afeta significativamente as concentrações nos tecidos vegetais, e seus teores extremamente baixos ou elevados, levam as folhas a mostrarem manifestações visíveis e características desses extremos (Malavolta et al., 1997).

1. Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Caixa Postal 09, 13400-970, Piracicaba, SP. salvador@cena.usp.br; mala@cena.usp.br, bolsista do CNPq; cpcabral@cena.usp.br
2. Embrapa Amazônia Ocidental, Caixa Postal 319, 69011-970, Manaus, AM. adonis@cmaa.embrapa.br, Bolsista CNPq.

Na maioria das espécies, os sintomas de deficiência e de toxidez desse nutriente estão restritos a sua mobilidade, considerada baixa ou muito limitada no floema (Malavolta et al., 1997). Descobertas recentes, entretanto, demonstram que a mobilidade do B não é restrita a todas as espécies, e em algumas, como, por exemplo, a macieira, ocorre a translocação de quantidades significativas de polióis na seiva (Hu & Brown, 1997). Além da translocação de polióis, outros papéis são atribuídos ao boro, entre eles: a formação da parede celular, a divisão celular e o aumento no tamanho das células (Malavolta et al., 1997).

Com relação ao manganês, embora esse satisfaça o critério direto de essencialidade, quando em altas concentrações, na sua forma trocável e solúvel, pode levar os tecidos vegetais a apresentarem quantidades tóxicas do nutriente, afetando severamente a parte aérea das plantas e o acúmulo nas folhas (Foy, 1973; Pavan & Bingham, 1981). As raízes também são afetadas, porém, somente em casos mais extremos, ocasião em que as folhas já se demonstram injuriadas (Foy et al., 1978).

A disponibilidade do manganês, avaliada pela concentração na forma bivalente, é dependente do potencial de oxirredução, da atividade biológica e do pH (Malavolta & Kliemann, 1985), tendo isso uma relevante importância prática, porque nos solos muito ácidos o manganês está frequentemente presente em concentrações tóxicas (Foy, 1973), e sua disponibilidade pode ser reduzida mediante a elevação do pH, por meio da calagem, reduzindo sua absorção pela planta (Malavolta & Kliemann, 1985). De acordo com esses autores, quando se eleva o pH em uma unidade, a concentração de manganês diminui cerca de cem vezes. Além de elevar o pH, a calagem proporciona o incremento da concentração de cálcio na zona radicular, podendo reduzir a absorção e, conseqüentemente, o efeito tóxico do manganês em decorrência da competição pelo mesmo sítio de absorção (Foy, 1973; Malavolta et al., 1997).

O efeito prejudicial do manganês é difícil de ser estudado isoladamente, porque ele interage com outros elementos. Como exemplo, pode ser citada a ocorrência da deficiência de ferro induzida pela alta concentração de manganês no solo (Lee, 1972). De acordo com Foy (1984), o manganês e o ferro estão intimamente ligados na nutrição de plantas, e em alguns trabalhos a relação

Fe/Mn tem sido utilizada como um indicador da toxidez de Mn em plantas superiores.

Numerosos trabalhos têm demonstrado os efeitos do boro e do manganês sobre diversas culturas; porém, não há registros que mencionem os efeitos sobre a cultura da goiabeira. Com o presente trabalho, teve-se por finalidade avaliar os efeitos de diferentes concentrações de manganês e de boro sobre a composição mineral das folhas e produção de matéria seca de mudas de goiabeira (*Psidium guajava* L.).

MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados em casa-de-vegetação do Centro de Energia Nuclear da Agricultura (CENA/USP, Piracicaba - SP). Em razão da limitação de espaço, foram instalados em duas etapas distintas: a primeira com boro e a segunda com manganês.

Nos experimentos, as plantas com sete pares de folhas, originadas de sementes de uma planta nativa e frutos de polpa vermelha, foram transferidas para vasos de dois litros. No experimento de níveis de boro, a solução nutritiva formalizou-se nas seguintes concentrações, em mg L⁻¹: 42 de N-NO₃⁻; 6,2 de P; 46,8 de K; 40 de Ca; 9,6 de Mg; 12,8 de S-SO₄⁻; 0,02 de Cu; 5,0 de Fe; 0,5 de Mn; 0,05 de Zn e 0,01, acrescentando-se as doses 0, 0,125, 0,25, 0,5, 1,0, 1,5 e 3,0 mg L⁻¹ de B, na forma de H₃BO₃, com três repetições. Quanto ao experimento com níveis de manganês, utilizou-se a seguinte solução, em mg L⁻¹: 42 de N-NO₃⁻; 6,2 de P; 46,8 de K; 40 de Ca; 9,6 de Mg; 12,8 de S-SO₄⁻; 0,5 de B; 0,02 de Cu; 5,0 de Fe; 0,05 de Zn e 0,01 de Mo, acrescentando-se as doses 0, 0,5, 10, 20, 30, 40 e 50 mg L⁻¹ de Mn, na forma de MnCl₂, com três repetições. O pH da solução de ambos os experimentos foi mantido entre 5 e 6, pelas adições de HCl 0,1 mol L⁻¹ ou NaOH 0,1 mol L⁻¹, com renovação semanal, até a duração experimental de 150 dias.

Primeiramente, a interpretação dos resultados foi baseada em observações sobre as alterações morfológicas ocorridas durante o ensaio. No experimento com manganês, os teores foliares foram determinados no 3^o e 4^o pares de folhas, contadas a partir do ápice do ramo principal, aos 50 dias em tratamentos, quando as folhas apresentavam sintomas agudos de deficiência ou toxidez do nutriente. Aos 150 dias, foi avaliado o efeito das doses na produção da matéria seca do caule, das folhas,

das raízes e total. No experimento de níveis de boro, ao final de 150 dias, foram coletadas folhas pertencentes ao 3^o e 4^o pares de folhas, a contar do ápice dos ramos ortotrópicos e plagiotrópicos, nos quais foi determinada a composição mineral de nutrientes do peso da matéria seca. Nos dois experimentos, as folhas usadas para o diagnóstico foram lavadas e, posteriormente, secas, moídas e digeridas, para a obtenção dos extratos para determinação dos teores de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn (Malavolta et al., 1997).

Os resultados dos experimentos em delineamento inteiramente casualizado foram submetidos à análise de variância, teste F e regressão (Gomes, 1990). Foi avaliada a produção relativa de matéria seca pelo método de porcentagem (Tabelas 1 e 3), atribuindo o valor 100 às doses de 0,5 mg L⁻¹ de boro e de manganês (Hoagland & Arnon, 1950).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Experimento com boro

Os efeitos das doses de boro sobre o peso de matéria seca das folhas, do caule, das raízes e do total são apresentados na Tabela 1. Mesmo não havendo diferenças significativas, exceto para produção de raízes, observa-se que a maior produção relativa foi obtida na dose 0,25 mg L⁻¹. A não-significância das doses de B sobre a produção de matéria seca (MS) demonstra que a faixa entre deficiência e toxicidade do boro na goiabeira

não é estreita, como define o dogma para a maioria das culturas (Malavolta et al., 1997). Essa amplitude demonstrada nos resultados do presente trabalho corrobora as obtidas por Chapman et al. (1997), também em solução nutritiva com as culturas do arroz, lentilha e ervilha.

Apesar da não-significância na produção de MS, observaram-se, nas plantas, sintomas de anormalidades visíveis causados pelo excesso de boro que começou a surgir após 120 dias do transplantio para os vasos, e foram associados com a dose de 3,0 mg L⁻¹ e as folhas, que apresentaram 146 mg kg⁻¹ de B. Verificou-se que as folhas mais velhas passaram a exibir pontos necróticos, iniciando-se no ápice e evoluindo-se em coalescência pelas margens. Surgiram, também, algumas manchas circulares de coloração purpúrea espalhadas pelo limbo foliar (Salvador et al., 1999b). Os pares de folhas em formação eram de tamanho menor e retorcido. Nas raízes, não foram constatadas anormalidades visíveis referentes às doses de boro aplicadas. Nas menores doses de B não foram observados sintomas visuais de deficiência desse nutriente.

Os tecidos necróticos revelaram teor de 720 mg kg⁻¹ de B, ao passo que os não-necrosados, mais precisamente as porções retiradas do centro do limbo, apresentaram teor de 92 mg kg⁻¹. Segundo Malavolta et al. (1997), as manchas necróticas formam-se nas regiões da folha onde há maior transpiração, sendo normal ocorrer aumento na concentração do nutriente nesse local do tecido foliar.

TABELA 1 – Produção de matéria seca das folhas, caule, raízes e total, aos 150 dias, em função das doses de boro (média de três repetições). Entre parênteses encontra-se a produção relativa de cada tratamento, relacionada com a dose de 0,5 mg L⁻¹ - solução de Hoagland & Arnon (1950).

Doses de B	Folhas	Caule	Raízes	Total
mgL ⁻¹	g/planta			
0,0	34,82 (95)	32,86 (98)	20,50 (99)	88,18 (97)
0,125	39,07 (107)	37,99 (114)	21,34 (103)	98,40 (109)
0,250	43,26 (118)	44,14 (132)	24,48 (118)	111,88 (124)
0,500	36,51 (100)	33,38 (100)	20,66 (100)	90,55 (100)
1,000	42,02 (115)	40,26 (121)	22,26 (108)	104,54 (115)
1,500	41,50 (114)	38,94 (117)	20,52 (99)	100,96 (111)
3,000	42,32 (116)	38,64 (116)	26,41 (128)	107,37 (119)

Teste F	1,433 ^{NS}	2,405 ^{NS}	3,259*	2,791 ^{NS}
C.V. (%)	10,584	11,229	9,931	8,439

** significativo a 5% de probabilidade. NS não-significativo.

As doses de B causaram diferenças significativas nos teores foliares de boro, originando uma resposta linear com o uso do nutriente e um considerável acréscimo estabelecido entre a dose 1,5 e 3,0 mg L⁻¹ de B (Tabela 2). O teor de boro considerado adequado para o desenvolvimento ótimo das culturas é bastante variável, e a diferença quanto à exigência desse nutriente é atribuída a diferenças na composição química das paredes celulares entre as diversas espécies (Marschner, 1995). Salvador et al. (1999a), em experimento conduzido em casa-de-vegetação, observaram um crescimento satisfatório das mudas de goiabeira quando o seu teor foliar era de 43 mg kg⁻¹.

Para as frutíferas, de um modo geral, os teores considerados adequados estabelecem-se próximos de 50 mg kg⁻¹, e o maior teor não ultrapassa 100 mg kg⁻¹ (Malavolta et al., 1997). Pelos resultados da Tabela 2, verifica-se que, exceto o P e S, as doses de B não afetaram significativamente ($p > 0,05$) os teores dos demais nutrientes analisados. Apesar da não-significância, houve uma tendência de diminuição nos teores de N, Ca e Mg e aumento nos de K, Cu, Fe, Mn e Zn, e essas interações afetaram positivamente e negativamente os teores desses nutrientes nas plantas, segundo Gupta (1993) e Loué (1993). A interação positiva significativa entre o fósforo e o boro é decorrente da função desse elemento no transporte do P através das membranas (Power & Woods, 1997). Muitos casos de deficiência podem ser reflexo da carência de B.

Segundo Malavolta et al. (1997), as interações entre nutrientes, em plantas superiores, ocorrem quando o suprimento de um nutriente afeta a absorção, redistribuição ou a função de outro nutriente, induzindo deficiência ou toxidez, podendo modificar o desenvolvimento vegetal. Por outro lado, a tolerância relativa das plantas à toxidez de boro parece depender diretamente da velocidade do transporte das raízes para a parte aérea.

Experimento com manganês

Observa-se na Tabela 3, que a dose de 50 mg L⁻¹ foi a que mais afetou a produção da MS, sendo evidenciado pela produção relativa. A menor produção de matéria seca na testemunha, em relação à dose 0,5 mg L⁻¹, pode ser explicada por Lindsay & Ross (1988) e Malavolta et al. (1997), os quais observaram que o aumento

da fotossíntese está diretamente relacionado com a concentração de manganês na planta, e na sua carência, a produção pode ser significativamente afetada. Por outro lado, a menor produção de matéria seca, constatada na dose de 50 mg L⁻¹, em relação à dose 0,5 mg L⁻¹, pode estar ligada às diminuições nos teores de Ca, Mg e de Fe. Observou-se, neste experimento, que plantas cultivadas em meio contendo 10, 20, 30 e 40 mg L⁻¹ tiveram desenvolvimento semelhante às plantas dos tratamentos sem adição de manganês, indicando que o excesso do nutriente é tão prejudicial quanto sua ausência. Já na dose 50 mg L⁻¹, o excesso de manganês demonstrou ser pior do que sua própria carência, no referido experimento.

TABELA 2 – Concentração de nutrientes, aos 150 dias, nas folhas em função das doses de boro (Média de três repetições).

Nutrientes	Equação	R ²
	gkg ⁻¹	
N	Y = 27,803 - 0,723X	0,07 ^{NS}
P	Y = 1,617 + 0,053X	0,58*
K	Y = 12,675 + 0,616X	0,23 ^{NS}
Ca	Y = 9,631 - 9,630X	0,12 ^{NS}
Mg	Y = 2,974 - 0,099X	0,46 ^{NS}
S	Y = 2,808 - 0,137X	0,56*
	mg kg ⁻¹	
B	Y = 32,953 + 35,900X	0,96**
Cu	Y = 2,742 + 0,003X	0,01 ^{NS}
Fe	Y = 122,373 + 7,612X	0,14 ^{NS}
Mn	Y = 91,241 + 1,335X	0,02 ^{NS}
Zn	Y = 48,136 + 2,028X	0,04 ^{NS}

* e ** significativo ao nível de 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente. NS não significativo.

Em condições de deficiência, as anormalidades traduziram-se em forma de clorose internerval nas folhas

do terço médio dos ramos, palidez das folhas mais novas e início de formação reticulada das nervuras (Salvador et al., 1999b). Os sintomas de toxidez foram visualizados principalmente nos tratamentos com 40 e 50 mg L⁻¹ de Mn, com salpicos adensados de minúsculas pontuações escuras por todo o dorso do limbo das folhas mais velhas. Os lançamentos foliares mais recentes eram de menor espessura laminar, cloróticos, de dimensões menores, com reticulado verde das nervuras, seguidas de formação de pontuações necróticas circulares, espalhadas pelo limbo, ou concentradas ao longo das nervuras, próximas ao ápice. A raiz era de coloração amarronzada. As alterações morfológicas visualizadas, tanto de deficiência como de toxidez, corroboram os relatos de Marschner (1995) e Malavolta et al. (1997).

Com incremento das doses de manganês, os teores foliares desse também foram substancialmente acrescidos. Na dose 10 mg L⁻¹, por exemplo, as plantas apresentaram, em seu terceiro e quarto pares de folhas, uma concentração cerca de 12 vezes maior que a dose 0,5 mg L⁻¹. Na última dose, essa concentração chegou a ser 55 vezes aquela observada na dose 0,5 mg L⁻¹ (Tabela 4). Apesar desses aumentos significativos em função das doses de Mn, não houve diferenças estatísticas dentro dessas para os teores de N, P, K e S.

Contudo, diferenças foram observadas nas concentrações de Ca e de Mg, que tiveram seus teores reduzidos nas doses 40 e 50 mg de Mn L⁻¹. O cálcio, o mag-

nésio e o manganês têm valência e raio iônico semelhante, podendo esses competir pelo mesmo sítio de absorção (Mass et al., 1969). O aumento na concentração de alguns nutrientes, no tratamento sem a adição de Mn, pode estar fundamentado no efeito de concentração, resultante do menor crescimento da planta. Ainda, de acordo com a Tabela 4, os baixos teores de Mn verificados nos tecidos foliares das plantas na ausência de manganês justificam os sintomas de carência relatados por Salvador et al. (1998).

Nos outros micronutrientes, as doses de Mn não afetaram significativamente a absorção de Cu e Zn (Tabela 4), porém, aumentos de sua concentração conduziram a decréscimos nos teores de Fe, estabelecendo um aumento linear nas relações Fe/Mn. Os altos coeficientes observados nessa relação podem justificar os sintomas foliares de toxidez de manganês, induzindo a deficiência de Fe. Salvador et al. (1998) encontraram sintomas de carência de Fe em mudas de goiabeira, cultivadas em solução nutritiva, quando suas folhas recém-maduras apresentaram concentração de 55 mg kg⁻¹. Segundo Foy et al. (1978), esses dois nutrientes se interagem, presumivelmente, em razão de uma inibição competitiva, na qual os dois cátions bivalentes competem pelo mesmo sítio de absorção (Malavolta et al., 1997). Por essa razão, a relação Fe/Mn tem sido utilizada como um indicador da toxidez de Mn em plantas superiores (Foy, 1984).

TABELA 3 – Produção de matéria seca das folhas, caule, raízes e total, aos 150 dias, de mudas de goiabeira em função das doses de manganês (média de três repetições). Entre parênteses encontra-se a produção relativa de cada tratamento, relacionada com a dose de 0,5 mg L⁻¹ - solução de Hoagland & Arnon (1950).

Doses de Mn	Folhas	Caule	Raízes	Total
mg L ⁻¹	g/planta			
0,0	35,53 (97)	11,86 (36)	10,97 (53)	58,36 (64)
0,5	36,51 (100)	33,38 (100)	20,66 (100)	90,55 (100)
10,0	45,01 (123)	16,43 (49)	10,45 (51)	71,89 (79)
20,0	43,81 (119)	13,87 (42)	11,51 (56)	69,19 (76)
30,0	36,67 (100)	12,42 (37)	9,92 (48)	61,01 (67)
40,0	39,42 (108)	11,37 (34)	9,26 (45)	60,05 (66)
50,0	27,67 (76)	7,68 (23)	5,46 (26)	39,87 (44)
Teste F	2,887*	15,288**	15,449**	6,961**
C.V. (%)	15,460	20,899	18,252	15,481

** e * significativo ao nível de 1 e 5% de probabilidade pelo teste de F, respectivamente.

TABELA 4 – Concentração de nutrientes, aos 50 dias, nas folhas -diagnóstico (3^o e 4^o par) de mudas de goiabeira em função das doses de manganês (Média de três repetições).

Nutrientes	Equação	R ²
	g kg ⁻¹	
N	Y = 32,558 - 0,436X + 0,008X ²	0,57*
P	Y = 2,782 + 0,015X	0,33 ^{NS}
K	Y = 33,474 + 0,024X	0,02 ^{NS}
Ca	Y = 11,791 - 0,081X	0,82**
Mg	Y = 2,995 - 0,026X	0,53*
S	Y = 3,574 + 0,008X	0,04 ^{NS}
mg kg ⁻¹		
B	Y = 40,229 - 0,002X	0,02 ^{NS}
Cu	Y = 7,960 + 0,048X	0,53 ^{NS}
Fe	Y = 219,101 - 4,337X	0,77**
Mn	Y = -99,871 + 104,220X	0,92**
Zn	Y = 31,180 + 0,264X	0,68*

* e ** significativo ao nível de 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente. NS não significativo.

CONCLUSÕES

a) O aumento nas doses de boro afetou significativamente a produção de matéria seca das raízes e os teores foliares de P, S e B.

b) A ocorrência inicial de sintomas de toxidez nas folhas mais velhas revela a baixa mobilidade do boro na goiabeira.

c) Quando a relação Mn/Fe for igual a 100, podem ocorrer sintomas de deficiência de ferro e reduções nas concentrações foliares de Ca e Mg.

d) A concentração de 0,5 mg L⁻¹ de manganês demonstra ser a melhor dose para o estudo de goiabeira em solução nutritiva, ao passo que, para o boro, esse valor não foi definido.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BROWN, P. H.; SHELPS, B. J. Boron mobility in plants. In: DELL, B.; BROWN, P. H.; BELL, R. W. (Eds.). Boron in

soils and plants: reviews. Dordrecht: Kluwer Academic, 1997. p. 85-102.

CHAPMAN, V. J.; EDWARDS, D. G.; BLAMEY, F. P. C.; ASHER, C. J. Challenging the dogma of a narrow supply range between deficiency and toxicity of boron. In: BELL, R. W.; RERKASEM, B. (Eds.). Boron in soils and plants. Dordrecht: Kluwer Academic, 1997. p. 151-155.

FOY, C. D. Manganese and plants. In: _____. Manganese. Washington: National Academy of Sciences, 1973. p. 51-76.

FOY, C. D.; CHANEY, R. L.; WHITE, M. C. The physiology of metal toxicity in plants. Annual Review of Plant Physiology, Palo Alto, v. 29, p. 511-566, 1978.

FOY, C. D. Physiological effects of hydrogen, aluminum, and manganese toxicities in acid soil. In: ADAMS, F. (Ed.). Soil acid and liming. Madison: American Society of Agronomy, 1984. p. 57-98.

GOMES, F. P. Curso de estatística experimental. Piracicaba: Nobel, 1990. 468 p.

GUPTA, U. C. Factor affecting boron uptake by plants. In: _____. Boron and Its role in crop production. Boca Raton: CRC, 1993. p. 87-104.

HOAGLAND, D. R.; ARNON, D. I. The water culture method for growing plants without soils. Berkeley: The College of Agriculture University of California, 1950. 32 p.

HU, H.; BROWN, P. H. Absorption of boron by plants roots. In: DELL, B.; BROWN, P. H.; BELL, R. W. (Eds.). Boron in soils and plants: reviews. Dordrecht: Kluwer Academic, 1997. p. 49-58.

LEE, C. R. Interrelationships of aluminum and manganese on the potato plant. Agronomy Journal, Madison, v. 64, p. 546-549, 1972.

LINDSAY, C. C.; ROSS, O. N. Physiological functions of manganese in plants. In: GRAHAN, R. D.; HANNAM, R. J.; UREN, N. C. (Eds.). Manganese in soils and plants. Dordrecht: Kluwer Academic, 1988. p. 139-154.

LOUÉ, A. Oligoéléments en agriculture. Antibes: SCPA, 1993. 577 p.

-
- MALAVOLTA, E.; KLIEMANN, H. J. Desordens nutricionais no cerrado. Piracicaba: Potafos, 1985. 136 p.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. Piracicaba: Potafos, 1997. 319 p.
- MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants. London: Academic, 1995. 889 p.
- MASS, E. V.; MOORE, D. P.; MASON, B. J. Influence of calcium and magnesium on manganese absorption. *Plant Physiology*, Minneapolis, v. 44, p. 796-800, 1969.
- PAVAN, M. A.; BINGHAM, F. T. Toxidez de metais em plantas. I. Caracterização de toxidez de manganês em cafeeiros. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 16, p. 815-821, 1981.
- POWER, P. P.; WOODS, W. G. The chemistry of boron and its speciation in plants. In: DELL, B.; BROWN, P. H.; BELL, R. W. (Eds.). *Boron in soils and plants: reviews*. Dordrecht: Kluwer Academic, 1997. p. 1-14.
- SALVADOR, J. O.; MOREIRA, A.; MURAOKA, T. Deficiência nutricional em mudas de goiabeira decorrente da omissão simultânea de dois macronutrientes. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 33, n. 10, p. 1623-1631, 1998.
- SALVADOR, J. O.; MOREIRA, A.; MURAOKA, T. Efeito da omissão combinada de N, P, K e S nos teores foliares de macronutrientes em mudas de goiabeira. *Scientia Agrícola*, Piracicaba, v. 56, n. 2, p. 501-507, 1999a.
- SALVADOR, J. O.; MOREIRA, A.; MURAOKA, T. Sintomas visuais de deficiências de micronutrientes e composição mineral de folhas em mudas de goiabeira. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 34, n. 2, p. 249-255, 1999b.