

INFLUÊNCIA DO MANGANÊS SOBRE A NUTRIÇÃO MINERAL E CRESCIMENTO DA PIMENTEIRA DO REINO (*Piper nigrum*, L.)¹

C.A.C. VELOSO²; T. MURAOKA³; E. MALAVOLTA³; J.G. de CARVALHO⁴

² CPATU/EMBRAPA, C.P. 48, CEP: 66.095-100 - Belém, PA.

³ Centro de Energia Nuclear na Agricultura-CENA/USP, C.P. 96, CEP: 13400-970, Piracicaba, SP

⁴ Departamento de Ciência do Solo, ESAL/LAVRAS, C.P. 37, CEP. 37200-000. Lavras, MG.

RESUMO: A pimenteira do reino (*Piper nigrum*, L.) vem sendo cultivada em sua maior parte em solos com acidez elevada e baixa saturação por bases. O manganês em condições de alta acidez pode provocar toxidez às plantas. Visando estudar os efeitos do manganês nessa cultura foi conduzido um experimento com a cultivar Guajarina em solução nutritiva. O manganês foi fornecido nas concentrações de 0; 10; 20; 30; 40 e 50 mg/L. Na ausência do elemento foram observados sintomas de deficiência e redução no crescimento. O excesso de manganês (30 mg/L) na solução nutritiva reduziu o desenvolvimento das plantas e a absorção de P, K, Ca, Mg, Cu, Fe e Zn. Observaram-se sintomas de toxidez de manganês a partir da concentração de 20 mg/L, caracterizados por clorose e pontos necróticos nas folhas.

Descritores: pimenteira do reino, nutrição mineral, solução nutritiva, toxidez de manganês

EFFECT OF MANGANESE ON MINERAL NUTRITION AND GROWTH OF BLACK PEPPER (*Piper nigrum*, L.)

ABSTRACT: Black pepper (*Piper nigrum*, L.) is usually grown in soils of low natural fertility and high acidity. Under such conditions manganese can cause toxicity to plants. An experiment using young plants of the cultivar Guajarina grown in nutrient solution was carried out in order to verify the effects of rates of manganese on this crop. The manganese was supplied at the concentrations of 0, 10, 20, 30, 40 and 50 mg/L. Excess of manganese (30 mg/L) in the nutrient solution caused a reduction in growth and in the uptake of P, K, Ca, Mg, Cu, Fe and Zn. Toxicity symptoms were chlorosis and necrotic dots in the leaves, when the level of supply was 20 mg/L or higher.

Key Words: black pepper, mineral nutrition, nutrient solution, manganese toxicity

INTRODUÇÃO

As principais áreas de produção de pimenta do reino no Brasil estão localizadas em regiões caracterizadas por solos ácidos, baixa saturação por bases e frequentemente, possuem alumínio trocável e manganês em quantidades suficientemente altas para limitar o desenvolvimento normal das plantas (FALESI, 1972).

O manganês, ao contrário do alumínio, é um elemento essencial para a vida da planta, satisfazendo tanto o critério direto quanto o indireto de essencialidade (ARNON, 1950). É um micronutriente em cuja ausência, o crescimento é prejudicado e desenvolvem-se sintomas característicos de deficiência.

Em geral, condições de pH ácido favorecem o acúmulo de concentrações tóxicas de manganês,

em virtude do aumento da solubilidade em pH 5.0 (FOY, 1973)

Por outro lado, na presença de quantidades excessivas de suas formas trocável e solúvel no meio de crescimento, os tecidos vegetais também apresentarão elevadas quantidades desse nutriente, podendo atingir níveis tóxicos. A toxidez de manganês geralmente afeta mais severamente a parte aérea do que as raízes. Aparentemente, as plantas absorvem e transportam esse nutriente em excessivas quantidades, do que resulta acúmulo nas folhas, produzindo-se sintomas bem definidos (FOY, 1973; PAVAN & BINGHAM, 1981). Entretanto, o excesso de manganês pode também causar sintomas de toxidez nas raízes, em geral isso ocorre após as folhas terem sido danificadas (FOY, 1976; FOY *et al.*, 1978).

Segundo informam ANDREW & HEGARTY (1969), existem dois métodos para diagnosticar o

¹Parte do trabalho de tese do primeiro autor, apresentado à ESALQ/USP

excesso de manganês em plantas, os quais podem ser usados separadamente ou em combinação: sintomas foliares e análise química na matéria seca da parte aérea, acima da qual a produção começa a ser prejudicada.

O efeito da toxidez de manganês nas plantas é difícil de ser estudado isoladamente, por causa das interações existentes entre ele e outros elementos, tais como Fe, Al, Si e Ca (FOY *et al.*, 1978). Segundo informam os autores, essas interações podem ser responsáveis pela diversidade de sintomas e pelos diferentes graus de redução no crescimento em espécies e cultivares diferentes.

Na prática, a toxidez de manganês é corrigida pela calagem que, por elevar o pH, precipita o excesso de Mn disponível, reduzindo sua absorção pela planta (KUPPER *et al.*, 1968).

Embora existam alguns trabalhos publicados mostrando a importância da toxidez de manganês para muitas espécies cultivadas em solos ácidos, SILVA (1976), informa que não há dados específicos para a maioria das culturas.

Por estas razões, foi conduzido um experimento em solução nutritiva, com o objetivo de verificar os efeitos desse elemento no crescimento e na composição química da pimenteira do reino; e determinar as concentrações de manganês que induzem sintomas de toxidez. Tais informações são necessárias para avaliar o dano potencial deste elemento em solos ácidos com impacto para a cultura.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi realizado em solução nutritiva em casa de vegetação do Centro de Energia

TABELA 1. Composição da solução nutritiva usada para o estudo de toxidez de manganês, modificada a partir de WAARD (1969).

Nutrientes	Concentração (mg/L)
NO ₃	80,5
NH ₄	10,5
P	31,0
K	39,0
Ca	80,0
Mg	24,0
SO ₄	32,0
B	1,0
Cu	0,06
Fe	25,0
Mo	0,03
Zn	0,10

Nuclear na Agricultura, da Universidade de São Paulo, em Piracicaba-SP, no período compreendido entre maio a novembro de 1992. Foram utilizadas mudas de pimenteira do reino (*Piper nigrum* L.) obtidas de estacas herbáceas com dois entre-nós e providas de uma folha no nó superior, do cultivar Guajarina, coletadas em uma área de plantio comercial no município de Mirassolândia-SP.

Após 120 dias do início do enraizamento, as mudas foram retiradas do substrato (solo), as raízes lavadas com jato de água de torneira e em seguida imersas em água desmineralizada para completar a limpeza.

Em seguida o material foi selecionado, procurando-se uniformizar ao máximo através da escolha de plantas que apresentassem parte aérea e sistema radicular nas mesmas condições de crescimento. As mudas foram então transferidas para vasos plástico de 2,5 litros de capacidade e fixadas na tampa pelo caule com espuma de plástico, usando-se uma planta por vaso.

Durante os primeiros 15 dias após o transplante, as plantas foram mantidas em solução nutritiva completa, de acordo com a metodologia usada por WAARD (1969), diluída a 1/4 da concentração usual; nas duas semanas seguintes receberam solução diluída a 1/2 e em seguida foram submetidas aos tratamentos.

As plantas foram cultivadas em soluções nutritivas com as concentrações de: 0; 10; 20; 30; 40 e 50 mg/L de manganês, fornecido como MnCl₂·4H₂O.

As soluções nutritivas foram trocadas a cada duas semanas e o seu volume completado com água destilada diariamente. O pH das soluções foi mantido em 4,5 ± 0,2 com adições de HCl ou NaOH.

A composição química da solução nutritiva usada para o estudo de toxidez de manganês é apresentada na TABELA 1.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com seis tratamentos e quatro repetições. A unidade experimental foi constituída por uma planta.

Os sintomas de toxidez de manganês nas folhas foram observados e descrito durante a condução do experimento.

As mudas foram mantidas com os tratamentos por um período de seis meses.

No final do ensaio, dividiram-se as plantas em partes, a saber: folha para diagnóstico e o restante da planta, da qual foram separados folhas, caule e raízes. As amostras foram secas em estufa de circulação forçada de ar a 60-70 °C, por um período mínimo de 72 horas, quando foram pesadas e moidas

em moinho do tipo Wiley com peneira de 20 malhas, para posterior análise dos teores de N, P, K, Ca, Mg, Cu, Mn, Fe e Zn.

Para a determinação das análises química das plantas, as amostras do material colhido foram digeridas em ácido nítrico e perclórico concentrados, segundo o método descrito por MALAVOLTA *et al.*, (1989). Em seguida, os extratos foram utilizados para a determinação dos teores totais dos seguintes nutrientes: fósforo, por colorimetria de molibdato-vanadato; potássio, por fotometria de chama; cálcio, magnésio, cobre, ferro, manganês e zinco por espectrofotometria de absorção atômica;

A determinação do nitrogênio foi feita utilizando-se a digestão sulfúrica de 200 mg de matéria seca, com destilação em aparelho microkjeldahl e titulação com H_2SO_4 0,01 N. O boro foi determinado por colorimetria da azometina H, segundo metodologia descrita em MALAVOLTA *et al.*, (1989).

Os resultados do experimento foram submetidos a análise de variância, sendo as médias comparadas através do teste de Tukey. Efetuou-se análise de regressão para a matéria seca das diversas partes da planta, extração de nutrientes, em função das doses de manganês. Considerou-se como representativa a equação de regressão que melhor explicava cada variável resposta, tendo como limite a equação polinomial de 2º grau. As análises foram realizadas utilizando-se o pacote estatístico SAS - Statistical Analysis System.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Produção de matéria seca: Como indicadores de crescimento, utilizaram-se os dados de produção de

matéria seca das diferentes partes das plantas, em função das doses de Mn. Os dados estão apresentados na TABELA 2, e as equações de regressão obtidas estão contidas na TABELA 4.

Com a adição de manganês na solução nutritiva, observaram-se aumentos significativos no peso da matéria seca das folhas, caule e raízes, até a dose de 20 mg Mn/L, com decréscimo a partir do incremento das doses para 30, 40 e 50 mg Mn/L.

A menor produção de matéria seca ocorreu na ausência de Mn na solução, quando se apresentaram sintomas de deficiência de manganês.

O efeito de toxidez foi visualizado a partir da dose 20 mg Mn/L. Quanto ao crescimento das plantas, verificou-se menor altura na ausência do elemento, não havendo diferenças significativas na presença de Mn na solução nutritiva.

Esses resultados ajustaram-se à equação de regressão, com resposta quadrática ao uso de manganês, porém, com menos evidência para a raiz. A partir da adição de 30 mg Mn/L na solução houve um efeito tóxico. Isso pode indicar que houve um estímulo para o desenvolvimento das plantas com a presença de manganês em baixas concentrações, dada a essencialidade do elemento.

A literatura mostra efeitos semelhantes da ação do manganês em algumas espécies; seus efeitos benéficos nas plantas são relatados por EPSTEIN (1975) e MALAVOLTA (1980). Já a ação tóxica do Mn é normalmente evidenciada na parte aérea das plantas, as raízes parecem insensíveis à altas concentrações de Mn e afetadas somente de forma indireta, como resultado da inibição no crescimento da parte aérea, mencionadas por FOY (1976) e PAVAN & BINGHAM (1981).

TABELA 2. Pesos médios da matéria seca (g/planta) produzidas pelas folhas, caules e raízes e altura das plantas (cm), submetidas a doses de manganês na solução nutritiva (1).

Doses de Mn ²⁺ (mg/l)	Partes da planta			Altura das plantas (cm)
	Folhas	Caule	Raízes	
0	12,49d	5,89d	2,49c	80 b
10	28,09b	19,27c	5,73a	146 a
20	35,39a	26,25a	5,81a	145 a
30	33,93a	25,58ab	4,58b	143 a
40	30,69b	24,74ab	4,46b	143 a
50	25,01c	21,84bc	4,78ab	135 a
D.M.S. (5%)	2,99	4,13	1,09	20
C.V. (%)	4,82	8,93	10,48	6,89

(1) Médias seguidas pela mesma letra nas colunas, não apresentam diferença significativa, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Efeito das concentrações de manganês na composição química da pimenteira do reino: Os dados analíticos referentes aos teores de N, P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn na folha para diagnóstico, em função das concentrações de manganês na solução, estão contidos na TABELA 3. Observa-se uma maior concentração de nitrogênio na ausência de Mn na solução; há decréscimo até a dose 20 mg Mn/L e voltando a aumentar nas doses 30 e 40 mg Mn/L, semelhantes entre si. A variação nos teores P e K na folha seguiu o mesmo comportamento do nitrogênio. O manganês adicionado na solução não afetou a absorção de Ca e Mg, ocasionando aumentos nas concentrações desses nutrientes.

Os teores de manganês nas folhas aumentaram como resultado dos tratamentos com Mn, enquanto, no caso dos teores de cobre, houve tendência de decréscimo. Por outro lado, não ocorreu variação significativa nos teores de ferro e zinco na folha com adições de manganês na solução. Essas observações são similares àquelas observadas por FOY (1973). A relação Ca/Mn nos tecidos mostra que, possivelmente, a absorção de cálcio não foi influenciada pelo aumento da concentração de manganês presente na solução. Contudo a relação Mn/Fe nos tecidos aumentou até a concentração de 30 mg Mn/L, estabilizando-se nas doses superiores. Uma relação Mn/Fe de 22 foi associada a sintomas severos de toxidez nas folhas das pimenteiras.

A relação Mn/Fe nos tecidos de plantas tem um interesse peculiar, tendo em vista que a toxidez de Mn está associada à deficiência de Fe (LEE, 1972).

Efeito das doses de manganês sobre a extração de nutrientes Macronutrientes: Na TABELA 4, são

apresentadas as equações de regressão quadráticas, obtidas em função do efeito do manganês sobre o acúmulo de N, P, K, Ca e Mg nas folhas, caule e raízes de pimenteiras do reino. Observa-se que nas quantidades de N, P e K respectivamente, mostram resposta positiva ao manganês apenas na parte aérea das plantas. Enquanto, na raiz, se observou resposta quadrática negativa para o potássio. Com relação ao Ca e Mg, verifica-se, resposta positiva até a dose de 20 mg Mn/L.

Os dados referentes às quantidades de N, P, K, Ca e Mg nas diversas partes das plantas, em função das doses de manganês na solução nutritiva, encontram-se na TABELA 5. Observa-se aumento das quantidades de nitrogênio nas folhas, até a dose de 30 mg Mn/L e, no caule, até 40 mg Mn/L; indicou-se o início de toxidez pela redução na produção de matéria seca nas doses superiores, conforme TABELA 2. As quantidades de fósforo, potássio, cálcio e magnésio nas folhas aumentaram, em função do fornecimento de até 20 mg Mn na solução, decrescendo com as adições a partir de 30 mg Mn/L. No caule, as quantidades de potássio aumentaram, de acordo com o incremento de manganês na solução, enquanto, nas quantidades de fósforo, ocorreu aumento até 20 mg Mn/L, diminuindo nas doses superiores. Em relação às quantidades de cálcio e magnésio, houve aumentos, com adições de manganês até 30 mg/l na solução, e, posteriormente, decréscimo significativo nas doses 40 e 50 mg Mn/L. Nas raízes, as quantidades de nitrogênio, fósforo, potássio e cálcio aumentaram, com adições de manganês na solução até 10 mg/L, enquanto as quantidades de magnésio aumentaram com o fornecimento de até 20 mg Mn/L na solução nutritiva, diminuindo nas doses superiores.

TABELA 3. Composição química das folhas (1ª folha dos ramos frutíferos a 2/3 abaixo da copa), das pimenteiras amostradas seis meses após o início dos tratamentos (1).

Dose Mn ²⁺ (mg/L)	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn	Ca /Mn	Mn/Fe
	%					ug/g					
0	5,22a	0,35a	1,47a	1,05c	0,41b	14a	327a	22d	18a	-	-
10	3,93b	0,23b	1,64a	2,32b	0,70a	12ab	336a	2823d	22a	8	8
20	2,99c	0,20b	1,36a	2,41b	0,71a	10ab	320a	3273b	19a	7	10
30	3,49bc	0,23b	1,42a	2,40b	0,70a	9b	286a	6295a	18a	4	22
40	3,82b	0,26b	1,73a	2,87a	0,61ab	10ab	348a	6309a	18a	5	18
50	3,18c	0,24b	1,54a	2,35b	0,67a	11ab	285a	6333a	20a	4	22
DMS	0,53	0,08	0,46	0,36	0,21	4	85	325	5		
CV(%)	6,24	13,66	13,43	7,23	15,00	17,15	11,98	3,47	11,24		

(1) Médias seguidas pela mesma letra nas colunas, não apresentam diferença significativa, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

TABELA 4. Equações de regressão relativas à produção de matéria seca e acúmulo de nutrientes nas folhas, caule e raízes dos parâmetros submetidos a doses de manganês na solução nutritiva.

ANÁLISE	PARTES DA PLANTA	EQUAÇÃO DE REGRESSÃO	R ²
MATÉRIA SECA	FOLHAS	$y = 13,83 + 1,52x - 0,0265 x^2$	0,96 **
	CAULE	$y = 7,06 + 1,28x - 0,0201 x^2$	0,96 **
	RAÍZES	$y = 3,27 + 0,16x - 0,0027 x^2$	0,47 *
N	FOLHAS	$y = 668,63 + 46,10x - 0,7584 x^2$	0,98 **
	CAULE	$y = 284,95 + 41,86x - 0,6264 x^2$	0,96 **
	RAÍZES	$y = 140,43 + 3,50x - 0,0670 x^2$	0,30 ns
P	FOLHAS	$y = 43,74 + 2,63x - 0,0490 x^2$	0,84 **
	CAULE	$y = 26,03 + 3,68x - 0,0637 x^2$	0,80 **
	RAÍZES	$y = 24,29 + 0,54x - 0,0119 x^2$	0,28 ns
K	FOLHAS	$y = 311,44 + 13,86x - 0,2502 x^2$	0,53 **
	CAULE	$y = 181,20 + 14,29x - 0,1794 x^2$	0,86 **
	RAÍZES	$y = 56,71 + 0,34x - 0,0026 x^2$	0,07 ns
Ca	FOLHAS	$y = 194,54 + 44,61x - 0,7788 x^2$	0,95 **
	CAULE	$y = 56,17 + 6,92x - 0,1172 x^2$	0,82 **
	RAÍZES	$y = 16,05 + 1,97x - 0,0375 x^2$	0,70 **
Mg	FOLHAS	$y = 82,48 + 6,28x - 0,1187 x^2$	0,58 **
	CAULE	$y = 23,38 + 4,84x - 0,0753 x^2$	0,93 **
	RAÍZES	$y = 1,63 + 2,02x - 0,0287 x^2$	0,86 **
Cu	FOLHAS	$y = 231,95 + 15,34x - 0,2882 x^2$	0,84 **
	CAULE	$y = 167,81 + 20,22x - 0,3262 x^2$	0,86 **
	RAÍZES	$y = 156,27 + 2,19x - 0,0005 x^2$	0,65 **
Fe	FOLHAS	$y = 4565,17 + 350,05x - 6,4394x^2$	0,94 **
	CAULE	$y = 1778,85 + 272,09x - 5,4303x^2$	0,88 **
	RAÍZES	$y = 24774,00 + 610,49x - 13,2278x^2$	0,47 *
Mn	FOLHAS	$y = 6918,08 + 7444,00x - 125,7788x^2$	0,97 **
	CAULE	$y = 263,09 + 686,88x - 0,4170x^2$	0,96 **
	RAÍZES	$y = 1037,03 + 710,86x - 4,7315x^2$	0,66 **
Zn	FOLHAS	$y = 287,13 + 36,90x - 0,6450 x^2$	0,86 **
	CAULE	$y = 173,33 + 35,15x - 0,5962 x^2$	0,96 **
	RAÍZES	$y = 317,01 - 2,97x + 0,0008 x^2$	0,66 **

Micronutrientes: Na TABELA 4, são apresentadas as equações de regressão quadráticas, obtidas em função do efeito do manganês sobre a acumulação de Cu, Fe, Mn e Zn nas diversas partes de pimentei- ras do reino. Pode-se observar que as plantas res- ponderam ao manganês somente na parte aérea, até a dose de 20 mg/L, a partir de 30 mg Mn/L, a res- posta é negativa, com redução nas quantidades des- ses nutrientes.

Os valores referentes às quantidades de co- bre, ferro, manganês e zinco nas diferentes partes das plantas, em função das doses de manganês na solução nutritiva, encontram-se na TABELA 6. Ver-ificou-se que a quantidade de manganês nas fo- lhas, no caule e nas raízes aumentaram, de acordo com os incrementos de sua concentração na solução. FOY (1976) menciona que, quando se tem maior concentração de Mn na solução do solo, há maior absorção de manganês pelas plantas. As quantida- des de Cu, Fe e Zn nas folhas aumentaram, com adi-

ções de até 20 mg Mn/L na solução nutritiva, e diminuíram significativamente a partir da dose 30 mg Mn/L. No caule, ocorreram aumentos nas quan- tidades de Cu e Zn até 30 mg Mn/L, enquanto nas de ferro, na dose 20 mg Mn/L, com posterior decré- cimo nas doses superiores. Nas raízes, as quantida- des de Cu, Fe e Zn aumentaram, com adições de até 10 mg Mn/L e foram afetadas pelas concentrações de Mn a partir de 20 mg/L na solução.

Esses resultados sugerem que as quantida- des contidas de N, P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn, na parte aérea das plantas foram afetadas pela pre- sença de manganês na solução, a partir de 20 mg/L. Observaram-se sintomas visuais de toxidez nas fo- lhas das pimentei- ras, com cloroses marginais e en- tre as nervuras, com pequenos pontos necróticos no limbo. Esses sintomas apareceram, inicialmente, nas folhas mais novas e progrediram para as mais ve- lhas, com o acúmulo de Mn na parte aérea. Resulta- dos semelhantes foram publicados por FOY (1973),

TABELA 5 Quantidades médias de macronutrientes (mg/planta) existentes nas folhas, caule e raízes das pimentei- ras, submetidas a doses de manganês na solução nutritiva (1).

Doses Mn ²⁺ (mg/l)	Partes da Planta	N	P	K	Ca	Mg
10	Folhas	639,60c	44,97d	279,88d	151,36d	66,81e
	Caule	235,32c	18,09c	138,98c	41,89c	17,52c
	Raízes	114,76d	19,25c	45,83d	9,85c	4,67c
20	Folhas	1119,59b	61,76c	481,01b	617,04b	147,51b
	Caule	730,53b	67,43b	384,74b	141,64ab	73,25b
	Raízes	211,47a	37,39a	84,07a	43,31a	10,43c
30	Folhas	1258,70a	82,17a	520,24ab	824,58a	198,96a
	Caule	877,44ab	82,82a	386,02b	138,38b	91,23ab
	Raízes	187,62ab	30,93ab	54,62cd	39,07a	37,93a
40	Folhas	1350,68a	70,30bc	387,47c	790,62a	121,20cd
	Caule	918,41a	67,27b	427,32ab	161,85a	101,20a
	Raízes	173,78abc	25,95bc	51,37d	39,30a	34,43ab
50	Folhas	1304,19a	78,22ab	534,66a	667,10b	136,50bc
	Caule	946,90a	65,58b	433,13ab	126,73b	84,59ab
	Raízes	141,80cd	23,53c	73,28ab	28,34b	36,31ab
50	Folhas	1083,25b	50,16d	369,25c	525,41c	113,17d
	Caule	835,27ab	57,29b	474,30a	120,73b	83,61ab
	Raízes	169,93bc	25,14bc	67,50bc	25,13b	30,37b

(1) Médias seguidas pela mesma letra nas colunas, não apresentam diferença significativa, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

segundo o qual a absorção total de P, Ca, Mg, B e Fe pelas plantas de alfafa em solução nutritiva foi reduzida quando as plantas receberam altas concentrações de manganês.

Do mesmo modo, PAVAN & BINGHAM (1981) verificaram, em cafeeiros, que o excesso de manganês na solução diminuiu a absorção de ferro e cálcio, mas não afetou a absorção do boro, zinco, magnésio e nitrogênio total das folhas.

FOY (1976) verificou que o manganês, quando em excesso na planta, promove, primeiramente, redução na parte aérea e, como consequência, também no sistema radicular. Por outro lado, FOY *et al.* (1978) mencionam que o manganês quando em excesso na solução do solo, promove reduções nas quantidades absorvidas de cálcio, ferro e magnésio pelas plantas, o que vem justificar os resultados obtidos.

De acordo com FOY *et al.* (1978), a toxidez de manganês é difícil de ser estudada isoladamente, por causa das interações existentes entre ele e outros elementos, tais como fósforo, cálcio, ferro, alumínio e silício. Os mesmos autores mencionam que tais interações podem ser responsáveis pela diversidade de sintomas em plantas e pelas reduções produzidas no crescimento pelo excesso de manganês em diferentes espécies.

CONCLUSÕES

- A omissão de manganês na solução nutritiva provocou redução no crescimento e aparecimento de sintomas de deficiência caracterizados por amarelecimento das folhas novas e, em seguida esbranquiçada, com necrose na ponta ou no bordo e com pequena redução no tamanho.

TABELA 6. Quantidades médias de micronutrientes ($\mu\text{g/planta}$) existentes nas folhas, caule e raízes das pimenteiras, submetidas a doses de manganês na solução nutritiva (1).

Doses Mn ²⁺ (mg/l)	Partes da Planta	Cu	Fe	Mn	Zn
0	Folhas	215,18d	4524,10d	402,00e	230,90d
	Caule	126,43b	2008,10d	173,00f	141,12d
	Raízes	129,00c	20796,00d	143,00d	289,25a
10	Folhas	371,89b	7427,10b	62336,00d	687,49b
	Caule	419,53a	3166,50c	6530,00e	510,40bc
	Raízes	223,03b	36252,00a	9477,00c	318,04a
20	Folhas	468,59a	9380,70a	147233,00c	804,93a
	Caule	419,70a	5881,80a	12361,00d	662,10a
	Raízes	208,03b	32233,00ab	12610,00c	301,62a
30	Folhas	372,71b	8477,90ab	163853,00b	687,45b
	Caule	467,77a	5003,60b	20897,00c	669,41a
	Raízes	200,61b	29173,00bc	18465,00b	190,92b
40	Folhas	391,34b	8862,70a	195312,00a	767,87ab
	Caule	425,10a	3590,70c	29648,00b	576,54ab
	Raízes	217,68b	23541,00cd	20682,00b	159,63b
50	Folhas	287,71c	5808,60c	159124,00bc	531,69c
	Caule	387,12a	1969,70d	34136,00a	473,69c
	Raízes	285,52a	25472,00cd	25450,00a	201,26b

(1) Médias seguidas pela mesma letra nas colunas, não apresentam diferença significativa, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

- O excesso de manganês (30 mg/L) na solução nutritiva reduziu o desenvolvimento das plantas e a absorção de P, K, Ca, Mg, Cu, Fe e Zn.

- Observaram-se sintomas de toxidez de manganês a partir da concentração de 20 mg Mn/L na solução: cloroses e pontos necróticos nas folhas novas e progrediram para as mais velhas com acúmulo de Mn na parte aérea da pimenteira.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDREW, C.S.; HEGARTY, M.P. Comparative responses to manganese excess of eight tropical and four temperate pasture legume species. *Australian Journal of Agricultural Research*, Melbourne, v.20, n.4, p.687-696, 1969.
- ARNON, D.I. Criteria of essentiality of inorganic micronutrients for plants with special reference to molybdenum. In: WALLACE, T. *Trace elements in plant physiology*. Waltham: Chronica Botanica, 1950. p.31-9. (Biological Miscellany, 3).
- EPSTEIN, E. *Nutrição mineral de plantas; princípios e perspectivas*. Trad. de E. Malavolta. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1975. 341p.
- FALESI, I.C. O estado atual dos conhecimentos sobre os solos da Amazônia Brasileira. In: INSTITUTO DE PESQUISA E EXPERIMENTAÇÃO AGROPECUÁRIA DO NORTE, *Zoneamento agrícola da Amazônia*. Belém, 1972. p.17-67. (Boletim Técnico, 54).
- FOY, C.D. Manganese and plants. In: _____ *Manganese*: Washington, National Academy of Sciences, 1973. p.51-76.
- FOY, C.D. Differential aluminium and manganese tolerances of plant species and varieties in acid soils. *Ciência e Cultura*, São Paulo, v.28, n.2, p.150-155, 1976.
- FOY, C.D.; CHANEY, R.L.; WHITE, M.C. The physiology of metal toxicity in plants. *Annual Review of Plant Physiology*, Lancaster, v.29, p. 511-566, 1978.
- KUPPER, A.; SACCHETTO, M.T.D.; RAIJ, B. van. Formas e níveis de manganês em alguns solos com e sem calagem. *Bragantia*, Campinas, v.27, n.15, p.15-17, 1968.
- LEE, C.R. Interrelationships of aluminum and manganese on the potato plant. *Agronomy Journal*, Madison, v.64, n.4, p.546-549, 1972.
- MALAVOLTA, E. *Elementos de nutrição mineral de plantas*. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. 251p.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. de. *Avaliação do estado nutricional das plantas; princípios e aplicações*. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1989. 201p.
- 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, n.6, p.825-821, 1981.
- SILVA, A.R. da. Melhoramento genético para resistência à toxidez de alumínio e manganês no Brasil: antecedentes, necessidades e possibilidades. *Ciência e Cultura*, São Paulo, v.28, n.2, p.147-149, 1976.
- WAARD, P.W.F. de. *Foliar diagnosis, nutrition and yield stability of black pepper (Piper nigrum, L.) in Sarawak*. Amsterdam: Royal Tropical Institute, 1969. 149p. (Communication, 58).

Recebido para publicação em 21.10.94

Aceito para publicação em 28.06.95