

APLICAÇÃO FOLIAR DE BORO NA PREVENÇÃO DE DEFICIÊNCIA E NA COMPOSIÇÃO MINERAL DO TOMATEIRO¹

JOSÉ RONALDO MAGALHÃES² e PEDRO HENRIQUE MONNERAT³

RESUMO - O experimento foi conduzido em casa de vegetação, em solução nutritiva, com o objetivo de se estudarem os efeitos da aplicação de boro, por via foliar, na produção de matéria seca e na composição mineral de tomateiro (*Lycopersicon esculentum*, Mill.). O experimento constou de um fatorial 2 x 3, com dois níveis de boro na solução nutritiva (270 e 1,08 ppb) e pulverização com H₃BO₃ a 1 g/litro, em intervalos de seis e três dias e com testemunha sem aplicação foliar. A deficiência de boro provocou necrose de pontas, ramificações e falta de alongamento de raízes; distorção, clorose e afilamento de folhas; consistência quebradiça do pecíolo e necrose e morte do ponto de crescimento apical. A deficiência contínua de boro reduziu o teor desse elemento nas folhas e no caule e prejudicou mais o crescimento das raízes do que o da parte aérea. A aplicação de boro por via foliar aumentou proporcionalmente mais a matéria seca de raízes do que a da parte aérea; todavia, não impediu totalmente o aparecimento de sintomas de deficiência nessas partes da planta: diminuídos, apenas, a intensidade. O manganês foi o elemento cuja quantidade total absorvida foi menos afetada pela deficiência de boro e teve sua concentração aumentada em todas as partes da planta, mais pronunciadamente nas raízes.

Termos para indexação: sintomas de deficiência de boro, concentração, absorção e translocação de boro, manganês, fósforo, potássio, cálcio e magnésio no tomateiro.

INTRODUÇÃO

Em conseqüência da imobilidade natural do boro dentro da planta, não ocorrendo sua redistribuição através dos vasos do floema, esse nutriente deve ser suprido, continuamente, durante todo o período de crescimento da planta (HAYNES & ROBBINS 1948, KOHL & OERTLI 1961). Períodos de deficiência de boro, tão curtos quanto um dia, podem afetar o desenvolvimento das plantas (KOUCHI & KUMAZAWA 1975).

A quantidade de boro disponível no solo para a planta pode ser diminuída sob diversas condições: pH baixo, facilitando as suas perdas por lixiviação (KUBOTA, BERGER & TRUOG 1948);

altos teores de óxidos de alumínio e de ferro, causando sua adsorção (HATCHER, OBWER & CLARK 1967, SIMS & BINCHAM 1968); períodos secos, aumentando a força de sua retenção no solo (BUCKMAN & BRADY 1967, RUSSEL 1957); e o efeito da calagem, podendo causar sua insolubilização pela presença do cálcio, principalmente, (BRENNAN & SHIVE 1948, MIDGLEY & DUNKLESS 1939, RUSSEL 1957, TANAKA 1967).

No Brasil, essas condições são bastante frequentes. Nos solos de cerrados, que ocupam cerca de 25% do território nacional, a escassez de água, o pH baixo e os altos teores de alumínio e ferro predispõem à deficiência de boro.

Por outro lado, a calagem desses solos reduz a quantidade de boro disponível pelo aumento da adsorção pelo cálcio e pela diminuição da solubilidade, causada pela elevação do pH (KUBOTA, BERGER & TRUOG 1948, MIDGLEY & DUNKLESS 1939, RUSSEL 1957). Em solos permeáveis, as irrigações frequentes a que é submetido o tomateiro causam elevadas perdas por lixiviação, e, conseqüentemente, a disponibilidade pode sofrer acentuadas flutuações, conforme RUSSEL (1957).

¹ Aceito para publicação em 23 de novembro de 1978. Parte da tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, pelo primeiro autor, como uma das exigências do Curso de Mestrado.

² Eng.^o Agr.^o M.Sc. - EMBRAPA, UEPAE de Brasília, Caixa Postal 11-1316, 70.333 - Brasília, DF.

³ Eng.^o Agr.^o Ph.D. - Universidade Federal de Viçosa - Caixa Postal 239, 36.570 - Viçosa, MG.

A estreiteza da faixa, entre a deficiência e a toxicidade, recomenda bastante cautela na aplicação de fertilizantes contendo boro (EPSTEIN 1975). Por conseguinte, a adubação com boro no plantio poderá não ser suficiente para atender à demanda durante todo o ciclo de crescimento da planta.

Apesar de a aplicação foliar de solução com boro ser um meio recomendado para corrigir sintomas de deficiência deste nutriente em tomateiro (FILGUEIRA 1972, MALAVOLTA et al. 1974), sua eficiência é uma questão duvidosa, pois, devido à imobilidade natural do boro na planta (ALBERT & WILSON 1961, ANDERSON & OHKI 1972, HAYNES & ROBBINS 1948, KOHL & OERTLI 1961, KOUCHI & KUMAZAWA 1975), o sistema radicular, primeira parte da planta a ser afetada pela deficiência (ALBERT & WILSON 1961, KOUCHI & KUMAZAWA 1975, WHITTINGTON 1959), deverá continuar sofrendo as conseqüências da falta do nutriente, prejudicando a relação água-planta, a adsorção dos outros íons e, em última análise, a produção.

O efeito do boro na composição química das plantas foi abordado por poucos pesquisadores; OHKI (1975), por exemplo, observou que a deficiência de boro diminuiu o teor de fósforo e não afetou os teores de cobre, ferro, manganês e zinco em folhas de algodoeiro.

Conforme mostram os resultados de BRENNAN & SHIVE (1948), o teor de cálcio, na porção superior do caule de tomateiro e respectivas folhas, aumentou com a deficiência de boro, tendo havido uma tendência inversa nas folhas inferiores e parte basal do caule.

O presente trabalho objetivou verificar os efeitos e a validade da aplicação do boro por via foliar, na prevenção de deficiência e na composição mineral do tomateiro.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, na Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais.

Sementes de tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill.) cv. 'Kada' foram semeadas em vasos com

areia lavada. Após a emergência, as plantas foram irrigadas diariamente com solução nutritiva de Johnson modificada (EPSTEIN 1975), até o décimo dia, quando se fez o transplante.

Após uma seleção quanto à uniformidade, lavou-se o sistema radicular das plantas e fez-se o transplante para a solução nutritiva, tendo sido esta sempre a de Johnson modificada, variando-se apenas os níveis de boro.

Como recipientes para o cultivo das plantas, empregaram-se vasos confeccionados com placas de isopor, medindo 10,5 x 10,5 x 24,0 cm, internamente e contendo 2,5 lt de solução nutritiva. Esses vasos foram previamente revestidos com um saco de polietileno transparente no interior e um de polietileno preto no exterior, a fim de evitar a penetração da luz.

A boca dos vasos foi fechada por meio de uma tampa de isopor, com um orifício central de 2 cm e removível quando necessário.

Cada vaso constituiu a unidade experimental e recebeu uma planta presa pela base do caule em um disco de isopor que se ajustava ao orifício da tampa. A fim de impedir a penetração de raios luminosos, a tampa foi recoberta com uma folha de polietileno preta.

A solução nutritiva foi arejada, borbulhando-se ar comprimido através de tubo capilar. O pH da solução foi verificado diariamente e ajustado para 6,0, quando necessário, com HCl 0,1 N ou Ca (OH)₂ 0,05 N. O nível da solução no vaso foi mantido com água desmineralizada a 1 cm da parte inferior da tampa.

O experimento constou de um fatorial 2 x 3 com quatro repetições em delineamento inteiramente casualizado. Os tratamentos foram dois níveis de boro na solução nutritiva, 270 e 1,08 ppb de B, e aplicação de boro via foliar com intervalos de três dias, de seis dias, e sem pulverização. A aplicação foliar se fez com o atomizador De Vilbiss, usando-se 1 g de H₃BO₃ por litro de água em presença do espalhante Êsapon a 0,01%.

A base do caule das plantas foi protegida com uma camada de algodão, para que não houvesse possibilidade de a solução no vaso se contaminar.

Iniciaram-se as pulverizações três dias após o transplante, sempre à mesma hora do dia, até ao

décimo oitavo dia, com três aplicações, em intervalos de seis dias, e seis aplicações, em intervalos de três dias.

Durante a condução do experimento, fizeram-se observações diárias no sistema radicular e na parte aérea das plantas, anotando-se as anormalidades.

A colheita foi feita ao vigésimo segundo dia, dividindo-se as plantas em raiz, caule e folhas, para determinação de peso seco e análises químicas.

O peso seco foi determinado após secagem em estufa com circulação forçada de ar, a 70°C.

Para as análises químicas, o material seco foi moído em moinho Wiley, passado através de peneira de malha 20, incinerado em cadinhos de porcelana em mufla a 550°C e solubilizado em 10 ml de HCl 0,2 N, conforme preconizado por DIBLE et al. (1954), para a determinação de boro.

Todas as determinações químicas foram feitas a partir dessa solução mineral.

Analisaram-se o manganês, o fósforo, o cálcio, o magnésio e o potássio na raiz, no caule e nas folhas, com quatro repetições por tratamento. O teor de boro foi determinado apenas no caule e nas folhas das plantas que não receberam pulverização desse elemento.

A análise de boro foi feita pelo método da Cucurmina (DIBLE et al. 1954, SARRUGE & HAAG 1974). O potássio foi determinado por fotometria de chama (SARRUGE & HAAG 1974) e o manganês, por colorimetria, pela sua oxidação através do metaperiodato de potássio em presença de ácido fosfórico (SARRUGE & HAAG 1974). As análises de cálcio e de magnésio foram realizadas no espectrofotômetro de adsorção atômica Perkin Elmer modelo 290 B. O fósforo foi determinado colorimetricamente pelo desenvolvimento da cor azul, através da redução do complexo fosfo-molíbico pela vitamina C, segundo técnica modificada por BRAGA & DEFELIPO (1975).

A partir da análise química, calcularam-se os seguintes dados para cada nutriente: o teor na raiz, no caule e nas folhas da planta; a percentagem de translocação, que se refere à quantidade do nutriente contido na parte aérea em relação à quantidade total absorvida; a quantidade total do nutriente absorvido, e a percentagem de adsorção, que se refere à quantidade total absorvida pela

planta no nível deficiente em boro, em relação à quantidade total absorvida pela planta no nível adequado de boro.

Os dados foram submetidos à análise de variância e as comparações entre as médias foram feitas aplicando-se o teste D.M.S., com uso de T Student a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Sintomas Visuais

No quarto dia após o transplante, todas as plantas no nível 1,08 ppb de B na solução, com e sem pulverização com boro, apresentaram sintomas de deficiência no sistema radicular, como: escurecimento de pontas, ramificações curtas próximo à extremidade das raízes primárias e perda da coloração normal branco-brilhante. Nesse nível, as plantas que não receberam pulverização apresentaram, aos sete dias, início de necrose na região apical. As pulverizações com boro, de seis em seis dias e de três em três dias, atrasaram o aparecimento desse sintoma para quinze e 18 dias, respectivamente.

Na parte aérea, notaram-se, em ordem de aparecimento, curvaturas das folhas mais novas para baixo e para dentro; pecíolo extremamente quebradiço, partindo-se com um leve toque; ligeira clorose internerval; limbo reduzido, com folíolos afilados; anel deprimido, de cor bronzeada a 0,5 cm, aproximadamente no ápice da planta e, em última instância, necrose, e, morte do ponto de crescimento.

A aplicação foliar de boro provocou, no espaço de dois dias, o desaparecimento do início de necrose apical; entretanto, no terceiro dia, o sintoma se reiniciava.

As plantas cultivadas no nível baixo de boro (1,08 ppb) apresentaram morte do ponto de crescimento apical, de acordo com as descrições de ALEXANDER (1942), BROWN & JONES (1971) e LEE et al. (1966) e, subseqüentemente, emitiram brotações laterais.

Produção da Matéria Seca

No nível 1,08 ppb de B, em que as plantas produziram significativamente menos matéria seca do que a 270 ppb de B, houve acentuada resposta à aplicação foliar com boro, tanto maior quanto

menor foi o intervalo entre pulverizações (Tabela 1). Entretanto, mesmo o intervalo de pulverização de três dias não foi suficiente para suprir a planta de todo o boro necessário a seu crescimento.

A maior relação parte aérea/raiz no nível baixo de boro, em tratamento sem pulverização, indicou que as raízes foram mais prejudicadas pela deficiência de boro do que a parte aérea, concordando com resultados de diversos autores (ALBERT & WILSON 1961, KOUCHI & KUMAZAWA 1975, ODHNOFF 1957, WHITTINGTON 1959, YIH & CLARK 1965). A pulverização dessas plantas, com boro promoveu significativa queda daquela relação, demonstrando que as raízes apresentavam maior capacidade de recuperação da deficiência de boro do que a parte aérea.

A imobilidade natural do boro na planta (ALBERT & WILSON 1961, ANDERSON & OHKI 1972, HAYNES & ROBBINS 1948, KOHL & OERTLI 1961, KOUCHI & KUMAZAWA 1975) pressupõem ausência de efeito direto no sistema radicular do nutriente aplicado às folhas. BENSON et al. (1961), entretanto, através de ensaios conduzidos com brócoli, admitiram parcial redistribuição do boro na planta.

TABELA 1. Produção total de matéria seca e relação matéria seca da parte aérea/matéria seca da raiz em plantas de tomate, aos 32 dias de idade, em resposta a dois níveis de boro na solução nutritiva e de intervalos de pulverização com o nutriente.

Boro na Solução	Intervalos de pulverização		
	s/pulv.	seis dias	três dias
ppb	Matéria seca total g. (planta) ¹		
1,08	C 1,088 b	A 2,241 b	A 2,538 b
270	A 4,348 a	B 3,529 a	A 4,262 a
C.V.%	5,29		
	Relação parte aérea/raiz		
1,08	A 11,746 a	B 8,625 a	B 9,477 a
270	A 10,022 b	A 9,269 a	A 9,124 a
C.V.%	6,11		

As médias, em cada linha, precedidas pela mesma letra maiúscula e em cada coluna, seguidas pela mesma letra minúscula, não apresentam diferença significativa pelo teste D.M.S., a nível de 5% de probabilidade.

Admitindo-se, contudo, a falta de translocação, através do floema, do boro aplicado às folhas, a elevação de crescimento das raízes, em resposta à aplicação foliar, poderia ser explicada por meio do alegado papel desse elemento na translocação de açúcares (EATON 1944, EPSTEIN 1975, GAUCH & DUGGER 1953, LEE et al. 1966, ODHNOFF 1957, SPURR 1957). GAUCH & DUGGER (1953) sugerem, inclusive, que os sintomas de deficiência de boro sejam uma expressão da deficiência de açúcares nos pontos de crescimento. YIH & CLARK (1965) contradizem essa afirmativa, pois observaram que as pontas de raízes deficientes em boro acumularam maior teor de açúcares que as bem supridas.

JOHNSON & ALBERT (1967) sugerem, entretanto, que a falta de alongamento de pontas de raízes deficientes em boro seja conseqüência do desarranjo no metabolismo de RNA.

"Pode ser afirmado, com pouco temor de contradição, que o papel exato ou o modo de ação do boro não foi demonstrado claramente" EPSTEIN (1975).

Concentrações de Nutrientes na Matéria Seca

Os teores médios dos nutrientes analisados na matéria seca são apresentados na Tabela 2.

Na raiz, a deficiência de boro diminuiu a concentração de potássio, não afetou a de cálcio e elevou a de fósforo, magnésio e manganês. O aumento da concentração de manganês nas raízes com deficiência de boro é particularmente notável, passando de 211 ppm de Mn, no nível adequado, para 961 ppm de Mn a baixo nível. A pulverização com boro nas plantas com deficiência do elemento, aumentou o teor de potássio, não afetou o teor de cálcio e diminuiu os teores de fósforo, manganês e magnésio. Novamente, o manganês foi o elemento cuja concentração na matéria seca das raízes foi mais afetada.

No caule, a deficiência de boro diminuiu a concentração desse nutriente de 36 para 12 ppm, diminuiu o teor de cálcio, não afetou os teores de potássio e magnésio e elevou os teores de fósforo e manganês. A aplicação foliar de boro diminuiu os teores de manganês e fósforo, não afetou as concentrações de cálcio e magnésio e aumentou o teor de potássio.

TABELA 2. Teor médio de B, Mn, P, Ca, Mg e K na matéria seca de plantas de tomate aos 32 dias, em dois níveis de boro na solução nutritiva e intervalos de pulverização com o nutriente.

Tratamentos	B (ppm)		Mn (ppm)		P (%)		Ca (%)		Mg (%)		K (%)	
	+B (a)	-B (b)	+B	-B	+B	-B	+B	-B	+B	-B	+B	-B
RAIZ												
S/Pulv.	-	-	211,7	961,5	0,87	1,26	0,70	0,73	0,32	0,45	6,12	4,50
6 dias	-	-	270,7	358,3	0,95	0,88	0,62	0,55	0,33	0,30	5,87	6,33
3 dias	-	-	228,2	354,3	0,94	0,98	0,67	0,55	0,32	0,31	5,95	5,50
C.V. %			13,3		10,46					9,45		5,30
D.M.S. 5%			75,2		0,18			15,85		0,06		0,60
CAULE												
S/Pulv.	36,08	12,06	42,6	79,2	0,60	0,88	1,56	1,34	0,49	0,50	8,77	8,17
6 dias			37,5	25,0	0,65	0,69	1,54	1,36	0,47	0,47	8,65	7,75
3 dias			40,2	20,4	0,68	0,70	1,48	1,36	0,50	0,46	10,10	9,37
C.V. %	17,53		26,8		2,79			8,67		9,39		6,00
D.M.S. 5%	7,06		16,3		0,03			0,19		0,07		0,78
FOLHA												
S/Pulv.	49,87	14,76	51,0	95,5	0,72	0,75	2,44	2,13	0,41	0,42	4,60	4,07
6 dias			49,2	91,0	0,76	0,78	2,27	2,26	0,38	0,41	5,05	4,67
3 dias			51,6	88,2	0,73	0,73	2,20	2,18	0,38	0,41	5,17	5,00
C.V. %	2,54		12,4		5,69			7,54		8,99		10,81
D.M.S. 5%	2,70		11,9		0,06			0,25		0,05		0,76

(a) - 270 ppb de boro na solução
(b) - 1,08 ppb de boro na solução

A deficiência de boro causou, nas folhas, maior acúmulo de manganês e menor teor de cálcio, não afetou os teores de fósforo, magnésio, potássio e diminuiu de 49 para 14 ppm a concentração de boro. A aplicação foliar de boro nas plantas com deficiência do nutriente elevou o teor de potássio na folha, não afetando os teores de manganês, fósforo, cálcio e magnésio.

A aplicação foliar de boro não afetou os teores de manganês, fósforo, cálcio, magnésio e potássio nas raízes, caule e folhas de tomateiro cultivado no nível de 2,7 ppb de B.

O grande acúmulo de manganês em todas as partes das plantas deficientes em boro é diferente dos resultados relatados por OHKI (1975) em folhas de algodoeiro, em que a deficiência de boro reduziu a concentração de manganês. Em plantas com deficiência de boro, as concentrações na matéria seca, de 961, 79 e 96 ppm de Mn na raiz, no caule e na folha, respectivamente, mostram acentuado acúmulo desse nutriente na raiz, em relação à parte aérea.

Segundo BRENNAN & SHIVE (1948), é de 201 a 593 a relação cálcio/boro em folhas de tomateiro adequadamente supridas de boro e de 1.000 a 2.380 nas deficientes. Como se pode observar na Tabela 2, dividindo-se as concentrações de cálcio pelas de boro, as relações nos dois

níveis de boro estão dentro dos limites acima citados.

A concentração de 14 ppm de boro, encontrada na matéria seca de folhas de tomateiro, cultivado ao nível de 1,08 ppb de B, é indicativa de deficiência do nutriente (MAYNARD et al. 1959) e os sintomas observados neste trabalho vêm confirmar este fato.

Percentagem de Translocação

A deficiência de boro causou acentuada redução da percentagem de manganês absorvida e translocada para a parte aérea (Tabela 3), o que pode ser atribuído ao aumento proporcionalmente maior da concentração de manganês na raiz do que nas folhas e caule (Tabela 2).

As percentagens de translocação, para a parte aérea, dos nutrientes absorvidos pelas raízes da planta, fósforo, cálcio e magnésio, não foram significativamente afetadas pela deficiência de boro, ao passo que a de potássio o foi, mas não apreciavelmente aumentada.

Diferenças marcantes de translocação para a parte aérea podem ser também observadas entre o manganês e os demais elementos analisados no nível adequado de boro (Tabela 3), denotando concentração de manganês na raiz, proporcional-

TABELA 3. Percentagem média de translocação de B, Mn, P, Ca, Mg e K para a parte aérea e para as folhas de plantas de tomate aos 32 dias de idade, em dois níveis de boro, na solução nutritiva sem pulverização foliar.

Boro na solução	B	Mn	P	Ca	Mg	K
			% de translocação para a parte aérea (1)			
1,08		53,01 b	88,33 a	97,07 a	92,77 a	93,42 a
270		69,37 a	88,68 a	96,89 a	93,30 a	90,27 b
C.V. %		5,55	2,40	0,50	0,61	1,00
			% de translocação para as folhas (2)			
1,08	74,47 a	74,70 a	67,07 b	79,05 a	66,98 a	54,55 a
270	75,35 a	72,60 a	72,29 a	78,03 a	64,90 a	54,79 a
C.V. %	4,97	10,60	3,66	2,32	5,54	8,66

(1) (Quantidade do nutriente contida na parte aérea).

(Quantidade total do nutriente absorvida)⁻¹.100

(2) (Quantidade do nutriente contida nas folhas).

(Quantidade do nutriente na parte aérea)⁻¹.100

As médias, em cada coluna, seguidas pela mesma letra, não apresentam diferença significativa pelo teste D.M.S., ao nível de 5% de probabilidade.

mente maior do que na parte aérea, em comparação com os demais nutrientes (Tabela 2).

As quantidades de manganês, cálcio, magnésio e potássio, da parte aérea, translocadas para as folhas e expressas em percentagem das translocadas para a parte aérea, não foram significativamente afetadas pela deficiência de boro (Tabela 3). Entretanto, a deficiência de boro, tendo causado significativo aumento no teor de fósforo no caule (Tabela 2), promoveu a expressiva, embora pouco pronunciada, redução na percentagem de translocação desse elemento, da parte aérea para as folhas (Tabela 3).

É oportuno salientar que mais de 70% de boro, manganês, fósforo e cálcio translocados para a parte aérea se localizam nas folhas, ao passo que pouco mais de 50% para o potássio (Tabela 3). O magnésio situa-se intermediariamente.

A aplicação foliar de boro promoveu significativo aumento da translocação de manganês para a parte aérea e desta para as folhas das plantas cultivadas a nível deficiente de boro (Tabela 4), o que pode ser atribuído à acentuada redução nos teores

de manganês nas raízes e no caule (Tabela 2).

Nutrientes totais absorvidos pelas plantas

Como mostra a Tabela 5, as quantidades totais de manganês, fósforo, cálcio, magnésio e potássio absorvidas por planta, decresceram com a deficiência de boro; entretanto, houve significativa diferença de comportamento entre os nutrientes. Embora a produção de matéria seca se tenha reduzido para 26,3% no nível deficiente em boro, a quantidade total de manganês absorvida sofreu pequena redução, passando de 67,0% do nível adequado em boro, provocando, portanto, substanciais aumentos de concentração de manganês em todas as partes da planta (Tabela 2).

Estes resultados sugerem que, em condições de campo, a deficiência de boro poderia provocar ação tóxica de manganês nas plantas.

As quantidades de cálcio e potássio absorvidas acompanharam estreitamente a produção de matéria seca. A absorção de fósforo e magnésio foi proporcionalmente maior, mas próxima à de potássio.

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos permitem as seguintes conclusões:

1. A deficiência de boro provocou necrose de pontas, ramificação e falta de alongamento de raízes, distorção, clorose e afilamento de folhas, consistência quebradiça do pecíolo e necrose e morte do ponto de crescimento apical.

2. A deficiência contínua de boro reduziu o teor desse elemento nas folhas e no caule e prejudicou mais o crescimento das raízes do que o da parte aérea.

3. A aplicação de boro por via foliar aumentou proporcionalmente mais a matéria seca das raízes do que a da parte aérea; todavia, não impediu totalmente o aparecimento de sintomas de deficiência nessas partes da planta: apenas diminuiu-lhes a intensidade.

4. O manganês apresentou-se como o elemento cuja quantidade total absorvida foi menos afetada pela deficiência de boro e teve sua concentração aumentada em todas as partes da planta, mais pronunciadamente nas raízes.

TABELA 4. Percentagem média de translocação (1) de Mn e percentagem deste nutriente da parte aérea contida nas folhas (2) de plantas de tomate aos 32 dias, em dois níveis de boro, na solução nutritiva e intervalos de pulverização com o nutriente.

Boro na solução		% de translocação		
ppb	S/Pulv.	6 dias	3 dias	
1,08	B 53,01 b	A 63,26 a	A 65,20 a	
270	A 69,37 a	A 67,26 a	A 66,09 a	
C.V. %	7,13			
	% da parte aérea nas folhas			
1,08	B 74,70 a	A 88,17 a	A 91,14 a	
270	A 72,60 a	A 73,57 b	A 73,05 b	
C.V. %	7,89			

(1) (Quantidade do nutriente contida na parte aérea).

(Quantidade total do nutriente absorvida)⁻¹.100

(2) (Quantidade do nutriente contida nas folhas).

(Quantidade do nutriente contida na parte aérea)⁻¹.100

Obs: As médias, em cada linha, precedidas pela mesma letra maiúscula e em cada coluna, seguidas pela mesma letra minúscula, não apresentam diferença significativa pelo teste D.M.S., ao nível de 5% de probabilidade.

TABELA 5. Produção total de matéria seca e quantidade Mn, P, Ca, Mg e K, absorvidas por plantas de tomate aos 32 dias de idade em função, de dois níveis de boro, e percentagem de produção e absorção desses nutrientes pelas plantas no nível 1,08 ppb de B em relação ao nível 270 ppb de B.

Boro na solução ppb	Quantidade absorvida por planta					Matéria seca total g. (planta) ⁻¹
	Mn(mg)	P(mg)	Ca(mg)	Mg(mg)	K(mg)	
1,08	184,25	9,77	22,29	5,67	62,03	1,088
270	274,67	30,58	87,80	18,66	251,10	4,348
%	67,0 a	31,9 b	25,3 c	30,4 b	24,7 c	26,3 c
C.V. %	5,60					

a. As médias seguidas pela mesma letra não apresentam diferença significativa pelo teste D.M.S., ao nível de 5% de probabilidade.

REFERÊNCIAS

- ALBERT, S.L. & WILSON, C.M. Effect of boron on elongation of tomato root tips. *Plant Physiol.*, 36: 244-51, 1961.
- ALEXANDER, T.R. Anatomical and physiological responses of squash to various levels of boron supply. *Bot. Gaz.*, 103:475-91, 1942.
- ANDERSON, O.E. & OHKI, K. Cotton growth response and boron distribution from foliar application of boron. *Agron. J.*, 64(5):665-7, 1972.
- BENSON, N.R.; DEGMAN, E.S. & CHMELIR, I.C. Translocation and re-use of boron in broccoli. *Plant Physiol.*, 36:296-301, 1961.
- BRAGA, J.M. & DEFELIPO, B.V. Determinação espectrométrica de fósforo em extrato de solos e planta. *R. Ceres, Viçosa*, 21(113):73-85, 1975.
- BRENNAN, E.G. & SHIVE, J.W. Effect of calcium and boron nutrition of the tomato on the relation between these elements in the tissues. *Soil Sci.*, 66:65-75, 1948.
- BROWN, J.C. & JONES, W.E. Differential transport of boron in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Plant Physiol.*, 25:279-82, 1971.
- BUCKMAN, H.O. & BRADY, N.C. Natureza e propriedade dos solos. Rio de Janeiro, Freitas Bastos, 1967. 594 p.
- DIBLE, W.T.; TRUOG, E. & BERGER, K.C. Boron determination in soil and plants. *Anal. Chem.*, 26(2): 418-21, 1954.
- EATON, F.M. Deficiency, toxicity, and accumulation of boron in plants. *J. Agr. Res.*, 69:237-77, 1944.
- EPSTEIN, E. Nutrição mineral das plantas, princípios e perspectivas. Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos, 1975. 341 p.
- FILGUEIRA, F.A.R. Manual de Olericultura. São Paulo, Agronômica "Ceres", 1972. 451 p.
- GAUCH, H.F. & DUGGER, W.M. The role of boron in translocation of sucrose. *Plant Physiol.*, 28:457-66, 1953.
- HATCHER, J.T.; OBWER, C.A. & CLARK, M. Adsorption of boron by soils as influenced by hydroxy aluminum and surface area. *Soil. Sci.*, 104:422-6, 1967.
- HAYNES, J.L. & ROBBINS, W.R. Calcium and boron as essential factors in the root environment. *J. Amer. Soc. Agr.*, 40:775-803, 1948.
- JOHNSON, D.L. & ALBERT, L.S. Effect of selected nitrogen-bases and boron on the ribonucleic acid content, elongation, and visible deficiency symptoms of tomato root tips. *Plant Physiol.*, 42:1307-9, 1967.
- KOHL, H.C. & DERTLI, J.J. Distribution of boron in leaves. *Plant Physiol.*, 36:420-4, 1961.
- KOUCHI, H. & KUMAZAWA, K. Anatomical responses of root tip to boron deficiency. I. Effects of boron deficiency on elongation of root tips and their morphological characteristics. *Soil Sci. & Plant Nutr.*, 21(1):21-8, 1975.
- KUBOTA, J.; BERGER, K.C. & TRUOG, E. Boron movement in soil. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 13: 130-4, 1948.
- LEE, K.W.; WHITTLE, C.M. & DYER, H.J. Boron deficiency and translocation profiles in sunflower. *Plant Physiol.*, 19:919-24, 1966.
- MALAVOLTA, E.; HAAG, H.P.; MELO F.A.F. & BRASIL SOBRINHO, M.O.C. Nutrição mineral e adubação de plantas cultivadas. São Paulo, Pioneira, 1974. 752 p.
- MAYNARD, D.N.; GERSTEN, B. & MICHELSON, L.E. The effect of boron nutrition on the occurrence of certain tomato fruit disorders. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 74:500-5, 1959.
- MIDGLEY, A.R. & DUNKLESS, D. The effect of lime on

- the fixation of borates in soils. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 4:302-7, 1939.
- ODHNOFF, C. Boron deficiency and growth. Plant Physiol., 10:984-1000, 1957.
- SIMS, J.R. & BINCHAM, F.T. Retention of boron by layer silicates, sesquioxides, and soil materials. III. Iron and aluminium-coated layer silicates and soil materials. Soil. Sci. Soc. Amer. Proc., 32:369-73, 1968.
- SPURR, A.R. The effect of boron on cell-wallstructure in celery. Amer. J. Botany., 44(8):637-50, 1957.
- TANAKA, H. Short communication; boron adsorption by plant roots. Plant & Soil, (2):300-2, 1967.
- WITTINGTON, W.J. The role of boron in plant growth. II. The effect on growth of the radicle. J. Exp. Bot., 10(28):93-103, 1959.
- YIH, R.Y. & CLARK, H.E. Carbohydrate and protein content of boron deficient tomato root tips in relation to anatomy and growth. Plant Physiol., 40: 312-5, 1965.

ABSTRACT - BORON FOLIAR APPLICATIONS IN PREVENTING DEFICIENCY AND THE MINERAL COMPOSITIONS OF TOMATO PLANT.

The experiment was conducted in greenhouse with nutrient solution to determine the effect of boron by foliar application in production of dry matter and nutrient uptake of tomato plant (*Lycopersicon esculentum*, Mill.). The experiment design was factorial 2 x 3, with two levels of boron in nutrient solution (270 and 1.08 ppb) and application of boric acid (H_3BO_3) at 1 g/liter at six and three days intervals, and boron application as a control. The symptoms of boron deficiency in the plant are described. The boron deficiency decreased the percentage of this element in the leaves and stem, and root was more retarded than above part of plant. The dry matter of roots increased proportionally more than stem and leaves by boron spray in the leaves, although the symptoms of boron deficiency in these parts of the plant did not disappear completely. The manganese was the element whose total amount absorbed was less affected by boron deficiency, and its concentration increased in all plant parts, more evidently in the roots.

Index terms: symptoms of boron deficiency, absorption and translocation of B, Mn, P, K, Ca and Mg in tomato.