

DISPONIBILIDADE DE BORO EM SUBSTRATO PARA PRODUÇÃO DE PORTA-ENXERTOS DE CITROS EM FASE DE SEMEITEIRA ⁽¹⁾

DIRCEU MATTOS JUNIOR^(2,6); RODRIGO MARCELLI BOARETTO ⁽²⁾; EMANUEL ROBERTO DE LIMA CORRÊA ⁽⁴⁾; MÔNICA FERREIRA DE ABREU ⁽⁵⁾; SERGIO ALVES DE CARVALHO ^(2,6)

RESUMO

A produção de mudas cítricas em ambiente protegido, associada ao uso de substratos, requer estratégias adequadas de manejo no viveiro. Problemas de falta e/ou excesso de nutrientes frequentemente causam prejuízos ao setor. Em citros ocorrem diferentes respostas à disponibilidade de boro (B) para a planta e são comuns danos causados pela toxidez desse nutriente. Este trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos da adição de B no substrato sobre a absorção e o crescimento de duas variedades de porta-enxertos de citros em fase de sementeira. O experimento foi desenvolvido em esquema fatorial, com limão 'Cravo' e citrumelo 'Swingle' e quatro doses de B misturadas ao substrato na forma de H_3BO_3 (0, 3, 6, e 12 g m⁻³ de B), em três repetições. Avaliaram-se os teores de B no substrato no início do experimento, aos 55 e 110 dias de sementeira, e o crescimento dos *seedlings* e a absorção de B pelas plantas nos mesmos intervalos. Os teores de B no substrato variaram entre 0,1 e 4,7 mg L⁻¹. Aos 55 e 110 dias, houve decréscimo nos teores do nutriente nas plantas provavelmente devido às perdas do nutriente do substrato por lixiviação. Observaram-se sintomas visuais de fitotoxicidade de B nos porta-enxertos cultivados no substrato tratado com 3 g m⁻³ de B, quando o teor na planta foi >100 mg kg⁻¹. O excesso de B causou redução no crescimento dos porta-enxertos. O maior crescimento e acúmulo de B na massa seca de plantas de citrumelo 'Swingle', comparado ao 'Cravo', indicam maior tolerância do primeiro à fitotoxicidade de B.

Palavras-chave: nutrição, micronutriente, viveiro, análise química, toxicidade de boro.

⁽¹⁾ Recebido para publicação em 17 de setembro de 2007 e aceito em 15 de setembro de 2008.

⁽²⁾ Centro de Citricultura Sylvio Moreira, Instituto Agrônomo, Rod. Anhanguera, km 158, 13490-970 Cordeirópolis (SP). E-mail: ddm@centrodecitricultura.br (*) Autor para correspondência; sergio@centrodecitricultura.br; boaretto@iac.sp.gov.br

⁽³⁾ Engenheiro Agrônomo, ex-bolsista IAC PIBIC/CBPq.

⁽⁴⁾ Centro de Solos e Recursos Ambientais, Instituto Agrônomo, Caixa Postal 28, 13012-970 Campinas (SP), E-mail: monica@iac.sp.gov.br

⁽⁵⁾ Bolsista do CNPq.

ABSTRACT

BORON AVAILABILITY IN THE GROWTH MEDIA FOR PRODUCTION OF CITRUS ROOTSTOCK SEEDLINGS

The production of citrus nursery trees under protected environment using growth media requires healthy management practices. Problems associated with deficiency and/or nutrient excess have frequently caused economic losses in the nursery. Citrus grow differently depending on boron (B) availability in the growth media, even though B toxicity commonly cause damage to plants. This research aimed to evaluate the effects of B supply in the growth media on nutrient uptake and seedling growth of two rootstock citrus varieties. A factorial design was set up with two factors: two rootstocks (Rangpur lime and Swingle citrumelo) and four B levels added to the substrate (0, 3, 6, e 12 g m⁻³ B) as boric acid, with 3 replications. Boron availability in the substrate was evaluated at beginning the experiment, 55 and 110 days after rootstock seeding, as well as seedling growth and B uptake by seedlings in the same time intervals. Boron concentration in the treated substrate varied from 0.1 to 4.7 mg L⁻¹, whereas B concentration in the whole plant tissue decreased in both evaluation periods probably because of nutrient leaching losses from substrate. Visual symptoms of B toxicity were observed for seedlings grown in substrate with B added at 3 g m⁻³, which were associated with B concentration in the plant tissue >100 mg kg⁻¹. Excess B caused reduced growth of seedlings. The greater growth and B content in the dry mass of 'Swingle' compared to 'Cravo' rootstock plants denoted greater tolerance of the former to B toxicity.

Key words: nutrition, micronutrient, nursery, chemical analysis, boron toxicity.

Introdução

O bom desenvolvimento da citricultura depende do uso de material genético superior e de mudas de alta qualidade sanitária, que somente podem ser produzidas em ambientes protegidos, isolados de vetores de doenças como clorose variegada dos citros (CVC), cancro cítrico e *huanglongbing* (HLB), e em substratos livres de patógenos (i.e.: *Phytophthora* e nematóides), respeitando-se exigências de normas específicas (CARVALHO, 2003). Neste sistema de produção de mudas de citros, a adoção de estratégias de manejo adequadas para otimização da produção é importante visto a necessidade do setor para a manutenção da competitividade e qualidade superior do produto.

Em condições de cultivo protegido, o período de formação da muda citrica pode ser reduzido para 8 a 16 meses, enquanto em viveiros de campo eram necessários até 20 meses (CASTLE e ROUSE, 1990; TEÓFILO SOBRINHO, 1991). Esse período ocorre principalmente em função de temperaturas mais altas no interior dos telados e disponibilidade de água otimizada para o crescimento vegetal. Além destes fatores, o manejo nutricional das mudas cítricas em ambientes telados com o uso de recipientes difere do antigo sistema convencional em campo, pois os substratos, possuem características físicas e químicas distintas do solo nos viveiros abertos.

Os substratos são de composição variável, com misturas de turfa, cascas e palhas vegetais, vermiculita e outros componentes (KÄMPF, 2002; ZANETTI et al., 2003). A composição química do substrato é determinante para o desenvolvimento adequado dos

porta-enxertos (SCHÄFER et al., 2006), influenciando diferentemente condições de desenvolvimento da copa sobre os mesmos porta-enxertos (MOURÃO FILHO, 1989). Fertilizantes minerais podem ser adicionados aos substratos, no entanto, existem dúvidas sobre doses adequadas para a produção de mudas cítricas em substrato, o que tem determinado muitas vezes desbalanços nutricionais, prejudicando o crescimento das plantas, em função da falta ou excesso de determinado elemento.

Vários autores (BERNARDI et al., 2000; CARVALHO et al., 2000; MATTOS JÚNIOR et al., 2001; BOAVENTURA et al., 2004) estudaram a adubação com macronutrientes na produção de mudas em substrato. Por outro lado, problemas envolvendo micronutrientes não têm tido a mesma abordagem.

A toxidez de boro (B) em *seedlings* de porta-enxertos foi identificada em viveiros (MATTOS JÚNIOR et al., 1995) e associada a teores de B >5 mg kg⁻¹ no substrato (extraído em água quente; ABREU et al., 1994). Ainda, no referido trabalho, o teor total de B no substrato revelou baixa correlação com o B acumulado na planta.

Em viveiros, o desbalanço de B constitui um problema para algumas variedades de porta-enxertos, em decorrência da resposta característica dos citros, pois o sintoma visual da toxidez ocorre a níveis distintos de concentrações foliares do nutriente conforme a variedade (CHAPMAN, 1958). Os prejuízos devido à toxidez de B são relacionados ao menor crescimento do material vegetativo, com conseqüente atraso no período de formação da muda e perda da qualidade desejada.

Desta forma, estabeleceu-se um estudo com o objetivo de avaliar o desenvolvimento de dois porta-enxertos de citros produzidos em fase de sementeira em condições de ambiente protegido e identificar os níveis críticos de B no substrato para a produção adequada.

Material e Métodos

O projeto foi desenvolvido em telado localizado no Centro de Citricultura Sylvio Moreira (IAC), em Cordeirópolis, na fase de crescimento dos *seedlings* de citros, compreendida entre a germinação e o transplantio para recipientes plásticos rígidos, sob ambiente protegido com tela, conforme requerido pelas normas vigentes da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo (CARVALHO, 2003). Foram avaliados dois porta-enxertos: limão 'Cravo' (*Citrus limonia* Osbeck) e citrumelo 'Swingle' [*Poncirus trifoliata* (L.) Raf. x *C. paradisi* Macf.]. As sementes utilizadas foram coletadas no banco de sementes do Centro de Citricultura Sylvio Moreira - IAC, tratadas com fungicidas e armazenadas em câmara fria até sua utilização.

As sementes foram pré-germinadas, sem o tegumento, em bandejas plásticas perfuradas e preenchidas com substrato (Tabela 1). Nesse substrato, correspondente ao lote que não recebeu a aplicação de B, o teor inicial de B foi de $0,1 \text{ mg L}^{-1}$. Os teores médios de nutrientes em extrato saturado 1:1,5 (SONNEVELD e VAN ELDEREN, 1994), em mg L^{-1} , observados no substrato antes da adição do B, foram: N-($\text{NH}_4 + \text{NO}_3$) = 6,3, P = 2,5, K = 135, Ca = 133, Mg = 28, S = 255 e micronutrientes (Cu, Fe, Mn e Zn) < 0,1.

Posteriormente, *seedlings* com cerca de dois pares de folhas formadas, foram transplantados para os recipientes plásticos cônicos (tubetes) com capacidade para $0,05 \text{ dm}^3$, preenchidos com substrato à base de composto de casca de pínus e de vermiculita (Rendimax® Eucatex, Paulínia, SP), sem a adição de micronutrientes, previamente preparado e homogeneizado com 0, 3, 6, e 12 g m^{-3} de B. A fonte de B adicionada ao substrato, foi o H_3BO_3 , dissolvido em água conforme a dosagem e aspergido uniformemente ao substrato, o qual foi incubado à temperatura ambiente por 10 dias antes do transplante dos *seedlings*. Os tubetes foram acondicionados em bandejas com 98 células cada uma, mantidas em ambiente com cobertura de tela aluminizada e transparência de 50%. A irrigação foi feita por aspersão, duas vezes por semana, utilizando sistema automático de irrigação, na taxa de $25 \text{ mL tubete}^{-1}$. Foi aplicada, em dois intervalos alternados à irrigação, o

total de $50 \text{ mL tubete}^{-1}$ da solução nutritiva contendo, em mg L^{-1} , N- NO_3 (202), N- NH_4 (15), P(16), K (185), Ca (150), Mg (30), S (20), Fe (1,8), Mn (0,21) e Zn (0,21).

O experimento foi estabelecido em delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 2×4 com os porta-enxertos limão 'Cravo' e citrumelo 'Swingle' e as doses de B: a em três repetições. As parcelas experimentais foram compostas por 40 plantas úteis.

Após transferência dos *seedlings* para os tubetes, os porta-enxertos foram cultivados por 110 dias. Amostras com 20 plantas foram colhidas aos 55 e 110 dias para avaliação da produção de massa seca de raízes e parte aérea. Após a secagem do material vegetal em estufa de circulação forçada de ar a 65°C , foram determinados os teores de nutrientes na planta toda, conforme método descrito por BATAGLIA et al. (1983). Separaram-se 10 amostras de plantas para a determinação da densidade de comprimento de raízes (Lv; cm cm^{-3}) e área foliar (AF; cm^2), com a aquisição de imagens digitais analisadas através do aplicativo SIARCS® 3.0 (s.d.), e obteve-se as estimativas de funções lineares para Lv e AF, com base na massa seca de cada componente. Determinaram-se os teores de B disponível em amostras compostas dos substratos preparados no início do experimento, aos 55 e 110 dias, pelo método do extrato saturado 1:1,5 (SONNEVELD e VAN ELDEREN, 1994).

Procedeu-se a análise de variância dos dados para verificação de efeitos de tratamentos, estimativa de modelos polinomiais e cálculo de diferenças mínimas significativas (LSD; $P = 0,05$) para comparação de médias.

Resultados e Discussões

Os substratos proporcionaram níveis crescentes de B disponível (0,1; 1,0; 2,2 e $4,7 \text{ mg L}^{-1}$, no extrato de saturação), na mesma proporção do ácido bórico aplicado (Tabela 1), decorrente da alta solubilidade da fonte fertilizante. O valor inicial de pH do substrato indicou reação ligeiramente ácida, se comparado com a faixa de interpretação de resultados de análises proposta pelo Comitê Europeu de Padronização, entre pH 5,5-6,5 (BAUNGARTEN, 2002). Contudo, mesmo com a adição do ácido bórico, não houve variações significativas nos valores de pH 4,7-4,9. A condutividade elétrica (CE) foi relativamente elevada ($1,9 \text{ dS m}^{-1}$), provavelmente, em vista da adubação de base utilizada durante a produção na indústria. Valores de CE variando entre $0,1\text{-}2,3 \text{ dS m}^{-1}$ foram observados em diferentes substratos (SONNEVELD e VAN ELDEREN, 1994).

A determinação da condutividade elétrica (CE) de amostras compostas coletadas aos 55 e 110 dias demonstrou redução significativa na concentração dos nutrientes no substrato, avaliada ($CE < 0,1 \text{ dS m}^{-1}$). A CE está diretamente relacionada à quantidade de íons presente no substrato, e sua redução ocorreu em função, principalmente, de perdas por lixiviação e da absorção desses íons pelas plantas. BOAVENTURA et al. (2004) demonstraram correlação entre os valores da CE e o somatório de íons na solução lixiviada através dos recipientes, a qual pode ser usada para estimar as perdas de nutrientes diretamente no viveiro, com apenas um condutivímetro. No referido trabalho, uma unidade de CE (dS m^{-1}) correspondeu ao somatório total de íons em solução de $10 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$. Os teores de B foram bastante baixos aos 55 dias ($\sim 0,1 \text{ mg L}^{-1}$), havendo discreto aumento aos 110 dias ($\sim 0,5 \text{ mg L}^{-1}$), possivelmente devido à mineralização da fração

orgânica do substrato, o que coincide com a variação de pH observada entre o início e o fim do período considerado.

Os efeitos dos tratamentos sobre o desenvolvimento das plantas foram observados visualmente já aos 30 dias após o início do experimento. Nas menores doses de B, as folhas dos porta-enxertos apresentaram aparência normal. Contudo, nas doses intermediárias observaram-se sintomas de clorose desenvolvida da borda para o centro do limbo foliar, numa faixa estreita. Na maior dose testada, observaram-se os sintomas característicos da toxidez de B em plantas cítricas, descritos por MATTOS JÚNIOR et al. (2005), provocados pelo excesso do nutriente, caracterizados por intensa clorose e necrose do tecido, nas margens das folhas, além do retardamento no desenvolvimento dos *seedlings*.

Tabela 1. Características químicas de substrato tratado com doses de boro para a produção de porta-enxertos de citros em fase de sementeira

Característica	Dose de B, g m^{-3}			
	0	3	6	12
	Inicial			
pH	4,7 ^{0,1*}	4,9 ^{0,1}	4,7 ^{0,1}	4,9 ^{0,1}
CE, dS m^{-1}	1,9 ^{0,2}	1,5 ^{0,1}	2,0 ^{0,1}	1,7 ^{0,1}
B, mg L^{-1}	0,1 ^{<0,1}	1,0 ^{<0,1}	2,2 ^{0,2}	4,7 ^{0,3}
	55 dias após transplante			
pH	5,9 ^{0,1}	6,1 ^{0,1}	5,9 ^{0,1}	6,4 ^{0,1}
CE, dS m^{-1}	0,1 ^{<0,1}	0,1 ^{<0,1}	0,1 ^{<0,1}	0,1 ^{<0,1}
B, mg L^{-1}	<0,1 ^{<0,1}	0,1 ^{<0,1}	0,1 ^{<0,1}	0,1 ^{<0,1}
	110 dias após transplante			
pH	5,8 ^{0,1}	6,3 ^{0,2}	6,1 ^{0,1}	6,6 ^{0,1}
CE, dS m^{-1}	0,1 ^{<0,1}	0,1 ^{<0,1}	0,1 ^{<0,1}	0,1 ^{<0,1}
B, mg L^{-1}	0,4 ^{0,1}	0,5 ^{0,1}	0,5 ^{<0,1}	0,5 ^{0,1}

* Desvio-padrão da média ($n = 3$).

Em trabalhos na literatura constam haver variações na concentração de B nas folhas das plantas cítricas, de acordo com a variedade do porta-enxerto (BOARETTO, 2008; PAPADAKIS et al., 2004; TAYLOR e DIMSEY, 1993; MOURÃO FILHO, 1989; WUTSCHER, 1989; LIMA et al. 1980; COOPER et al., 1952; EATON e BLAIR, 1935). Entretanto, essas avaliações não foram realizadas com *seedlings* em condições de ambiente protegido. Na maior dose de B do experimento, observou-se no citrumelo 'Swingle' folhas com clorose, porém sem sofrer necrose da borda, o que sugere haver uma resposta diferenciada entre as

variedades estudadas. WUTSCHER (1989) classificou a tangerina 'Cleópatra', a lima da 'Pérsia', o 'Trifoliata' e o pomelo como variedades que induzem a altas concentrações de B nas folhas de plantas neles enxertadas, enquanto a *Severinia buxifolia*, o 'Alemow', a laranja 'Azeda' e o citrange 'Carrizo' como porta-enxertos que induzem respectivamente a baixos teores. Como o citrumelo 'Swingle' é originado de um cruzamento entre pomelo 'Duncan' e trifoliata (POMPEU JÚNIOR., 2005), é provável que este porta-enxerto tolere maiores concentrações de B nas folhas, sem expressar sintomas de toxidez.

O desenvolvimento das plantas no telado foi satisfatório, atingindo altura superior a 10 cm aos 110 dias após o transplante. DECARLOS NETO et al. (2002), em estudo com diversos porta-enxertos, verificaram que os limoeiros 'Cravo' e 'Volkameriano' foram os porta-enxertos com o maior crescimento, atingindo altura média de 11 cm aos 120 dias após a semeadura.

As doses de B adicionadas ao substrato promoveram efeitos negativos sobre o acúmulo da massa seca dos porta-enxertos aos 55 e 110 dias (Figura 1A e 1B). No primeiro período, a toxidez de B foi mais pronunciada se comparado à última avaliação (110 dias), o que se correlaciona com os níveis do nutriente extraídos do substrato amostrado nos mesmos intervalos, e que demonstraram o baixo efeito residual do ácido bórico. Aos 55 dias, verificou-se que a redução da produção de massa seca do porta-enxerto de 'Swingle' foi de 27 % com o aumento das doses de B no substrato de 0 para 12 g m⁻³. Da mesma forma, a redução da produção de massa seca do limão 'Cravo' foi de 44% (Figura 1A). BOARETTO (2006) verificou que laranjeiras 'Valência' enxertadas em citrumelo 'Swingle' acumularam em média 10 mg kg⁻¹ de B a mais que as plantas enxertadas em limoeiro 'Cravo'.

A avaliação realizada aos 110 dias demonstrou maior crescimento do limão 'Cravo' no substrato que não recebeu a aplicação do B, contudo, não houve diferenças entre os porta-enxertos e os tratamentos com 3, 6 e 12 g m⁻³ de B (Figura 1B), constatando-se que o prejuízo inicial causado às plantas proporcionou reflexos negativos até o fim do ciclo de desenvolvimento na sementeira, com um decréscimo médio de aproximadamente 25% da produção de massa seca para ambas as variedades.

A razão entre a área foliar e o crescimento das raízes varia entre as diferentes espécies vegetais, principalmente, durante o desenvolvimento da planta e devido à influência de fatores ambientais. Entretanto, é possível traçar estreita correlação entre a produção de massa seca das raízes e das folhas (MARSCHNER, 1995). No desenvolvimento da parte aérea (área foliar = AF) dos porta-enxertos de citros estudados houve correlação significativa com o crescimento das raízes (densidade de comprimento = Lv) ($0,60 \leq R^2 \leq 0,99$; Figura 2). A correlação entre as variáveis permitiu estimar que ocorreu aumento de AF de aproximadamente 4,5 cm² para cada unidade de incremento da densidade de raízes. O crescimento das plantas foi proporcional ao índice de área foliar fotossinteticamente ativa. Assim, eventos que promovam prejuízos ao desenvolvimento das raízes, limitará seriamente a produção do viveiro.

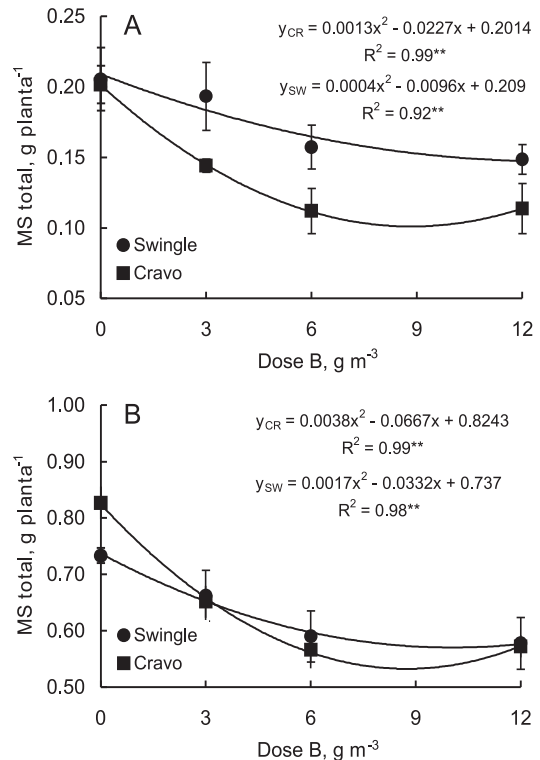


Figura 1. Produção de massa seca (parte aérea + raízes) de porta-enxertos de limão 'Cravo' (CR) e citrumelo 'Swingle' (SW) produzidos em fase de sementeira, aos 55 (A) e 110 (B) dias.

A absorção média de macronutrientes pelos dois porta-enxertos para os diferentes tratamentos aos 55 dias, foi, em mg planta⁻¹: K=3,6; N=2,5; Ca=1,4; Mg=0,5; e P=0,4 e de micronutrientes, em μ g planta⁻¹: Fe=48,2; B=12,4; Mn=7,7; Zn=8,4; e Cu=1,0. Estes valores não variaram significativamente entre os tratamentos testados. BOAVENTURA et al. (2004), em mudas de laranja 'Valência' sobre limão 'Cravo' e citrumelo 'Swingle' desenvolvidas em substrato composto de casca de pinus e vermiculita, observaram a mesma proporção na quantidade de nutriente absorvida, com exceção apenas para a quantidade de N que foi superior a de K ($N > K > Ca > S$, P, e Mg para os macro e $Fe >> Mn$, B, Zn e Cu para os micronutrientes). Substratos preparados com grande proporção de casca de pinus tendem a ter elevados teores de Fe total, o que explicaria as diferenças de valores estimados entre os micronutrientes. A menor absorção de N comparada ao K e o alto conteúdo de Fe pôde ter limitado o crescimento das plantas.

Houve aumento proporcional na concentração de B no tecido das plantas e no acúmulo do nutriente, de acordo com os teores iniciais verificados no extrato saturado dos substratos (Tabelas 1 e 2).

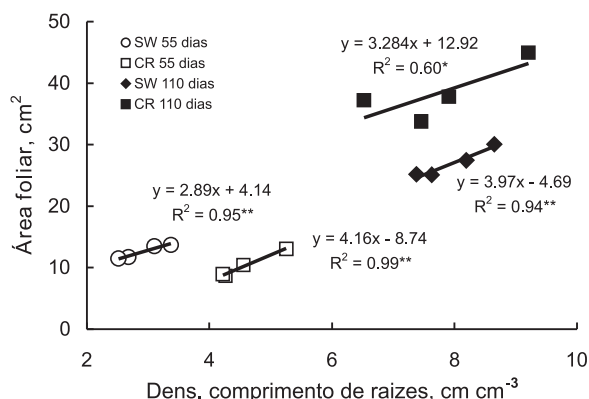


Figura 2. Relação de desenvolvimento da área foliar de porta-enxertos de limão 'Cravo' (CR) e citrumelo 'Swingle' (SW) produzidos em tubetes (0,05 dm³) na fase de sementeira em função da densidade de comprimento de raízes, aos 55 e 110 dias no viveiro.

O teor de B na planta variou de 50 a 110 mg kg⁻¹, não havendo diferenças significativas para os dois porta-enxertos estudados dentro de cada dose testada. A ocorrência de sintomas visuais de fitotoxidade do elemento nas plantas ocorreu com teor de B de cerca

de 100 mg kg⁻¹, relativamente inferiores aqueles reportados por MATTOS JÚNIOR et al. (1995) para folhas de porta-enxertos com dois a quatro meses de idade em citrovassos (300 mg kg⁻¹). Esta diferença é explicada provavelmente pela idade das plantas nos dois estudos, entre as fases de sementeira e a formação no viveiro.

Embora não se tenham verificado diferenças nos teores de B na parte aérea das plantas para o citrumelo 'Swingle' e o limão 'Cravo', o acúmulo do B (aproximadamente 10 a 20 µg planta⁻¹) diferiu entre as variedades (Tabela 2). Os dados constantes deste estudo sugerem, desta forma, que o citrumelo 'Swingle' é mais tolerante à fitotoxidade de B em sementeira, já que o crescimento (avaliado pela produção de massa seca; Figura 1A) foi proporcional ao acúmulo de B na planta, que correspondeu a uma diferença de cerca de 45 % entre as variedades no tratamento que recebeu a dose 12 g m⁻³ de B (Tabela 2). Essa característica foi também descrita por PAPADAKIS et al. (2004), cujo trabalho demonstrou haver menor tolerância a toxidez de B em tangerina 'Clementina' quando enxertada em laranja 'Azeda' do que em citrumelo 'Swingle'.

Tabela 2. Teor e acúmulo de boro em porta-enxertos de citros produzidos na fase de sementeira no viveiro

Dose de B kg m ⁻³	Porta-enxerto	Teor B na MS total		B acumulado	
		55 dias	110 dias	55 dias	110 dias
		mg kg ⁻¹		mg planta ⁻¹	
0	'Swingle'	48	29	10,0	21,0
	'Cravo'	48	36	9,6	22,3
3	'Swingle'	70	44	13,5	29,4
	'Cravo'	89	46	12,8	26,3
6	'Swingle'	92	26	14,4	21,2
	'Cravo'	95	35	10,6	22,8
12	'Swingle'	113	35	17,0	16,4
	'Cravo'	104	38	11,7	23,9
DMS (P = 0,05)		11	3	2,4	1,9

4. Conclusões

1. Os sintomas visuais observados para a toxidez de B nas plantas foram característicos para os dois porta-enxertos e ocorreram quando a concentração do elemento na matéria seca foi maior que 100 mg kg⁻¹.

2. A aplicação de 3 g m⁻³ de B ao substrato causou redução do crescimento dos porta-enxertos, sendo o mesmo acentuado com doses mais elevadas. O maior crescimento e acúmulo de B por porta-enxerto de 'Swingle' comparados ao de 'Cravo' demonstraram a maior tolerância do primeiro à fitotoxidade do nutriente durante o desenvolvimento na sementeira.

Rreferências

- ABREU, C.A.; ABREU, M.F.; RAIJ, B.V.; BATAGLIA, O.C. Extraction of boron from soil by microwave heating for ICP-AES determination. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, New York, v. 25, p. 3321-3333, 1994.
- BATAGLIA, O.C.; FURLANI, A.M.C.; TEIXEIRA, J.P.F.; FURLANI, P.R.; GALLO, J.R. *Métodos de Análise Química de Plantas*. Campinas: IAC. 1983. 48p. (Boletim Técnico 78)
- BAUNGARTEN, A. Methods of chemical and physical evaluation of substrates for plants. In: FURLANI, A.M.C.; BATAGLIA, O.C.; ABREU, M.F.; ABREU, C.A.; FURLANI, P.R.; QUAGGIO, J.A.; MINAMI, K. (Coord.) *Caracterização, manejo e qualidade de substratos para produção de plantas*. 2002. p. 17-28. (Documentos IAC, 70)

- BERNARDI, A.C.C.; CARMELLO, Q.A.C.; CARVALHO, S.A. Macronutrientes em mudas de citros cultivadas em vasos em resposta à adubação NPK. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 57, p. 761-767, 2000.
- BOARETTO, R.M. **Boro (^{10}B) em laranja: absorção e mobilidade**. 2006. 120 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.
- BOARETTO, R. M.; QUAGGIO, J.A.; MOURÃO FILHO, F.A.A.; GINE, M.F.; BOARETTO, A.E. Absorption and mobility of boron in young citrus plants. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, Athens, v. 39, p. 2501-2514, 2008.
- BOAVENTURA, P.R.R.; QUAGGIO, J.A.; ABREU, M.F.; BATAGLIA, O.C. Balanço de nutrientes na produção de mudas cítricas cultivadas em substrato. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 26, n. 2, p.300-305, 2004.
- CARVALHO, S.A. Regulamentação atual da Agência de Defesa Agropecuária para produção, estocagem, comércio, transporte e plantio de mudas cítricas no Estado de São paulo. **Laranja**, Cordeirópolis, v. 23, p.199-239, 2003.
- CARVALHO, S.A.; MATTOS JUNIOR, D.; SOUZA, M. Efeitos do KNO_3 nos teores de micronutrientes na matéria seca total de porta-enxertos cítricos produzidos em bandejas. **Bragantia**, Campinas, v. 49, p. 89-94, 2000.
- CASTLE, W.S.; ROUSE, R.E. Total mineral nutrient content of Florida Citrus nursery plants. **Proceedings of the Florida State Horticultural Society**, Ft. Pierce, v.103, p. 42-44, 1990.
- CHAPMAN, H.D. The mineral nutrition of citrus. In: REUTHER, L.D. (Ed.) **The Citrus Industry**. Riverside: Universidade da Califórnia. v. 2, p. 127-298, 1958.
- COOPER, W.C.; GORTON, B.S.; OLSON, E.O. Ionic accumulation in citrus as influenced by rootstock and scion and concentration of salts and boron in the substrate. **Plant Physiology**, Rockville, v. 27, p. 191-203, 1952.
- DECARLOS NETO, A.; SIQUEIRA, D.L.; PEREIRA, P.R.G.; ALVAREZ, V.H. Crescimento de porta-enxertos de citros em tubetes Influenciados por doses de N. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, p. 199-203, 2002.
- EATON, F.M.; BLAIR, G.Y. Accumulation of boron by reciprocally grafted plants. **Plant Physiology**, Rockville, v. 10, p. 411-424, 1935.
- KÄMPF, A.N. O uso de substrato em cultivo protegido no agronegócio brasileiro. In: FURLANI, A.M.C.; BATAGLIA, O.C.; ABREU, M.F.; ABREU, C.A.; FURLANI, P.R.; QUAGGIO, J.A.; MINAMI, K. (Coord.). **Caracterização, manejo e qualidade de substratos para produção de plantas**. Campinas. 2002. p. 1-6. (Doc. IAC, 70)
- LIMA, L.A.; MISCHAN, M.M.; SALIBE, A.A. Concentração de boro e enxofre em folhas de laranjeiras doces, determinadas por diferentes porta-enxertos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Campinas, v.2, n.2, p.54-61, 1980.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2.ed. San Diego: Academic Press, 1995. p. 313-404.
- MATTOS JUNIOR, D.; CARVALHO, S.A.; PEDROSO, F.G. Nitrogen fertilization for Rangpur lime (*Citrus limonia* (L.) Osb.) seedlings grown under greenhouse environment. **Proceedings of the International Congress of Citrus Nurserymen**. p. 236-265. 2001.
- MATTOS JÚNIOR, D.; QUAGGIO, J.A.; CARVALHO, S.A.; ABREU, M.F. Substratos para a produção de mudas cítricas em recipientes: caracterização da toxicidade de boro. **Laranja**, Cordeirópolis, v. 16, p. 255-262. 1995.
- MATTOS JÚNIOR, D.; BATAGLIA, O.C.; QUAGGIO, J.A. Nutrição dos citros. In: MATTOS JÚNIOR, D.; NEGRI, J.D.; PIO, R.M.; POMPEU JR., J. **Citros**. 1.ed. Campinas: Instituto Agrônomo, 2005. p. 197-219.
- MOURÃO FILHO, F.A.A. **Efeito de diferente porta-enxertos no vigor e na produtividade das plantas e nas concentrações de macro e micronutriente nas folhas de laranja Pera (*Citrus sinensis*, L., Osbeck)**. 1989. 189 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, UNESP, Botucatu, 1989.
- PAPADAKIS, I.E.; DIMASSI, K.N.; BOSABALIDIS, A.M.; THERIOS, I.N.; PATAKAS, A.; GIANNAKOULA, A. Effects of B excess on some physiological and anatomical parameters of 'Navelina' orange plants grafted on two rootstocks. **Environmental and Experimental Botany**, Oxford, v. 51, p. 247-257, 2004.
- POMPEU JUNIOR, J. Porta-enxertos. In: MATTOS JUNIOR, D.; NEGRI, J.D.; PIO, R.M.; POMPEU JR., J. **Citros**. 1.ed. Campinas: Instituto Agrônomo, 2005. p. 61-104.
- SCHAFER, G.; SOUZA, P.V.D.; KÖLLER, O.C.; SCHWARZ, S.F. Desenvolvimento vegetativo inicial de porta-enxertos cítricos cultivados em diferentes substratos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n.6, 2006.
- SIARCS. **Sistema integrado para análise de raízes e cobertura do solo**. Versão 3.0. São Carlos: EMBRAPA/CNPDA. s/d. 30p.
- SONNEVELD, C.; VAN ELDEREN, C.W. Chemical analysis of peaty growing media by means of water extraction. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 5, p. 183-202, 1994.
- TAYLOR, B.K.; DIMSEY R.T.; Rootstock and scion effects on the leaf nutrient composition of citrus trees. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, East Melbourne, v. 33, p. 363-371, 1993.
- TEÓFILO SOBRINHO, J. Propagação dos citros. In: RODRIGUEZ, O.; VIÉGAS, F.; POMPEU JUNIOR, J.; AMARO, A.A. (Org.). **Citricultura brasileira**. 2.ed. Campinas: Fundação Cargill, 1991. v.1, p. 281-301.
- WUTSCHER, H.K. Alteration of fruit tree nutrition through rootstocks. **Hortscience**, Alexandria, v. 24, p. 578-584, 1989.
- ZANETTI, M.; FERNANDES, C.; CAZETTA, J.O.; CORÁ, J.E.; MATTOS JÚNIOR, D. Características físicas de substratos para produção de mudas cítricas sob telado. **Laranja**, Cordeirópolis, v. 24, p. 519-530, 2003.