

Antonio Enedi Boaretto¹, Rodrigo Marcelli Boaretto¹, Teodoro Leonardo Micheluccio Contin¹ e Takashi Muraoka¹

RESUMO

A mobilidade do boro (B) varia entre as espécies de planta. Resultados prévios não mostraram evidências consistentes da mobilidade de B dentro da planta cítrica. O objetivo foi estudar a absorção foliar e radicular do B e sua translocação para as partes da planta. No primeiro experimento, plantas jovens de laranja foram cultivadas em solução nutritiva com ou sem B. A concentração e a distribuição do B na planta foram determinadas. No segundo experimento, aplicou-se solução de B nas folhas de laranjeiras jovens para estudo da redistribuição do nutriente nas diferentes partes da planta. No terceiro experimento, uma solução contendo ¹⁰B foi aplicada nas folhas de laranjeiras ou no substrato onde as plantas estavam sendo cultivadas. As plantas foram colhidas depois de emitir ramos novos, e foram determinados B total e as razões isotópicas de ¹¹B/¹⁰B nas diferentes partes da laranja. A distribuição de B na planta não evidenciou se o B tem mobilidade ou não no floema. O B total determinado nos ramos novos emitidos depois da aplicação foliar de B não aumentou como consequência de fertilização de foliar. A maior parte (95%) do B aplicado via foliar foi detectado nas folhas que receberam a adubação foliar e 5% se dirigiu para as outras partes da laranja. Os resultados mostraram que o B aplicado nas folhas tem uma mobilidade muito limitada em plantas cítricas. Por outro lado, quando o B foi aplicado no substrato, foi absorvido e translocou-se para toda a planta, sendo que 17% do B aplicado foram encontrados nos ramos novos.

Termos de indexação: absorção, transporte, redistribuição, mobilização.

¹ Centro de Energia Nuclear na Agricultura - USP. Av. Centenário 303. 13400-970 Piracicaba (SP)

ABSTRACT

IS BORON MOBILE OR IMMOBILE IN CITRUS PLANT?

The mobility of boron (B) varies among plant species. Previous results did not show consistent evidences of B mobility within citrus trees. This study was carried out to verify the B absorption via leaf or root system and its translocation to the different plant parts. In the first experiment, young trees were grown in nutrient solution with or without B. The concentration and the distribution of B in plant were determined. In the second experiment, B solution was applied in the leaves of young citrus plants, and after the new sprouts, the total B was determined in different tree parts. In the third experiment, ^{10}B enriched solution was applied in the leaves of young citrus plant or in the substrate where the plants were grown. Plants were harvested after emitting new twigs and split in different parts for the total B and $^{11}\text{B}/^{10}\text{B}$ ratios analysis. The distribution of B in the plant did not evidence whether B had phloem mobility or not. The total B determined in the new twigs emitted after foliar application of B did not increase as a consequence of foliar fertilization. Most of the B applied in the plant was found in the treated leaves (95% of applied B) and only 5% of it were translocated through phloem to the new twigs. Results showed that the B applied to leaves had a limited mobility in citrus plants. On the other hand B applied in the substrate was absorbed and translocated to all plant parts, about 17% of total applied B was located in young branches).

Index terms: Absorption, translocation, redistribution, mobilization.

Introdução

Pesquisas recentes têm contribuído para um melhor entendimento do papel do boro (B) nos vegetais. A deficiência de B em culturas tem sido mundialmente relatada (GUPTA, 1979), principalmente naquelas culturas cultivadas em solos de textura arenosa, onde o B solúvel pode ser lixiviado no perfil do solo, ficando fora do alcance das raízes. No Brasil, QUAGGIO et al. (1996) relataram que tangerineiras 'Poncan', plantadas em solos deficientes em B ($0,13 \text{ mg dm}^{-3}$ em extrato de água quente), mostraram sintomas de deficiência quando o teor foliar de B era inferior a 23 mg kg^{-1} . Resposta em aumento da produtividade foi constatada por QUAGGIO et al. (2003) para laranja 'Pêra' sobre limoeiro 'Cravo', quando o teor de B no solo era igual a $0,3 \text{ mg kg}^{-1}$, sendo que a aplicação de 2 kg ha^{-1} de B no solo aumentou o teor médio no solo para $1,2 \text{ mg kg}^{-1}$ extraído pelo método da água quente.

O B absorvido pelas raízes é transportado via xilema, distribuindo-o por toda a parte aérea, principalmente nos pontos de crescimento das folhas e dos galhos. Segundo

BLEVINS & LUKASZEWSKI (1998), 90% do B é constituinte da parede celular, mas para MENGEL & KIRKBY (2001), nas plantas adequadamente supridas, mais de 60% do total de B pode estar na forma solúvel.

Para a maioria das espécies, o B foi considerado de mobilidade restrita. CERDA et al. (1982), empregando um método indireto, consideraram que no limoeiro o B, juntamente com o Fe, Mg, Zn e Mn, tem mobilidade intermediária entre os nutrientes móveis (P e K) e de mobilidade muito baixa (Ca e Cu). Entretanto, nos últimos anos demonstrou-se que as plantas se diferenciam quanto a redistribuição de B (BLEVINS & LUKASZEWSKI, 1998).

O sintoma de deficiência de B está relacionado com a sua mobilidade dentro da planta. Nas espécies em que o B é relativamente imóvel, o sintoma inicial de deficiência é o desenvolvimento anormal dos pontos de crescimento e com o decorrer do tempo há morte das gemas apicais (MENGEL & KIRKBY, 2001). Para os citros, sintomas similares aos descritos foram relatados por RIVIERO (1964).

A distribuição interna dos nutrientes na planta pode ser esclarecida de várias maneiras como a relação entre os teores das partes jovens e velhas, pela análise do exsudado do xilema ou da seiva do floema e ainda pelo uso de isótopos aplicados no solo ou nas folhas (BROWN & SHELPS, 1997).

Segundo BROWN & HU (1998a), nas espécies em que o B é imóvel ocorre um gradiente abrupto de concentração de tal modo que o seu teor no pecíolo e na nervura central é menor que no meio da lâmina foliar que por sua vez é menor do que na margem e no ápice da folha. CHAPMAN (1968), cultivando citros em condições de excesso de B, encontrou a seguinte concentração do nutriente em mg kg^{-1} : 47 no pecíolo e nervura central; 438 na parte verde da lâmina foliar; 1060 na parte amarelada da lâmina foliar e 1722 na parte morta do ápice e da margem das folhas. Os resultados mostraram um gradiente abrupto de concentração de B, evidenciando um padrão de imobilidade de B.

O B associado com poliois foi encontrado na seiva do floema das espécies do gênero *Pyrus*, *Malus* e *Prunus* por HU & BROWN (1996) e HU et al. (1997). Os poliois são açúcares simples como o sorbitol, o manitol e o dulcitol, que podem complexar o B. Nas espécies que produzem poliois como um metabólito primário, forma-se um complexo polioliol-B-polioliol nos tecidos fotossintéticos e este é transportado no floema para drenos ativos, como meristemas vegetativos ou reprodutivos.

ZIMMERMANN & ZIEGLER (1975) analisaram muitas espécies quanto ao conteúdo de açúcares na seiva do floema e no caso de várias espécies de citros

encontraram sacarose mas não constaram a presença de manitol, sorbitol e dulcitol. Segundo MARSCHNER (1997) a sacarose, por não ter ligações cis-diol, não forma complexo estáveis com o B.

O transporte de B para outras partes da plantas após a aplicação foliar foi demonstrado ocorrer em algumas espécies frutíferas, empregando-se o ácido bórico marcado com ^{10}B . Por exemplo, o B aplicado no outono nas folhas de amendoeira aumentou temporariamente o teor foliar, e quando aplicado no inverno, o B foi transportado para a casca. Na primavera, o B da casca se moveu para as flores e aumentou o pegamento dos frutos (BLEVINS & LUKASZEWSKI, 1998).

No caso dos citros, os resultados demonstraram que a aplicação foliar de B aumentou o teor do nutriente nas folhas que receberam a solução (SANTOS et al.,1999; TIRITAN, 1996; SILVA,1996; CAETANO et al.,1986; CAETANO,1982) mas não aumentou a produção de frutos (TIRITAN, 1996; CAETANO, 1982; CAETANO et al., 1986).

Na literatura mundial não foram encontrados resultados de medições diretas de absorção e redistribuição de B aplicado no solo ou nas folhas da laranjeira. Isso motivou o presente trabalho cujo objetivo foram buscar evidências da mobilidade de B em laranjeiras jovens e quantificar a absorção e o transporte do B absorvido pelas raízes e folhas.

Material e métodos

No primeiro experimento, seis mudas de laranjeira 'Pera' enxertada em limoeiro 'Cravo' foram cultivadas em solução nutritiva completa até possuir dois ramos formados. A solução nutritiva continha, além dos demais nutrientes, $0,5 \text{ mg L}^{-1}$ de B. Metade destas laranjeiras continuaram em solução nutritiva completa, que foi renovada, enquanto que a outra metade foi colocada em solução completa menos B, após ter seu sistema radicular lavado com água destilada. Após três meses em solução nutritiva, cinco laranjeiras haviam emitido novas brotações e as folhas já estavam desenvolvidas.

As plantas foram colhidas, separando-se o sistema radicular e a parte aérea, sendo esta última dividida em três partes: parte inferior (remanescente da muda), parte mediana (as duas brotações formadas quando as mudas estavam em solução nutritiva completa) e a parte superior (que corresponde a parte que cresceu após a troca das soluções com e sem B). Coletaram-se também as folhas $^{+3}$, a partir do ápice do ramo.

No segundo experimento, plantas de laranjeiras 'Valência' enxertada em limoeiro 'Cravo', com dois ramos desenvolvidos, receberam pulverização foliar com volumes

conhecidos de soluções com concentrações (g L^{-1}) de B (0; 0,085; 0,170; 0,255 e 0,340) obtidas pela dissolução ácido bórico. Essas quantidades corresponderam a 0; 0,31; 0,62; 0,92 e 1,24 g de B por kg de matéria seca de folha. Para cada tratamento haviam três repetições. Decorridos 30 dias após a adubação foliar, as plantas já haviam emitido novas brotações e então foram colhidas as partes aéreas, separando-se a "parte velha" (existente no momento da adubação foliar) e "parte nova" (nascida após a adubação foliar).

No terceiro experimento, mudas de laranjeira 'Valência' enxertada em limoeiro 'Cravo' e laranjeira 'Valência' enxertada em citrumelo 'Swingle' foram transplantadas para vasos contendo 12 L de substrato comercial para mudas. Quando todas as mudas apresentavam três galhos novos desenvolvidos foram submetidas aos tratamentos, conforme tabela 1. Para cada tratamento haviam três repetições.

Tabela 1 - Descrição dos tratamentos no experimento 3.

Porta-enxerto	Substrato	Folhas
	Adubação com solução nutritiva completa - B	-
Citrumelo 'Swingle'	Adubação com solução nutritiva completa - B	Adubação foliar (^{10}B) ¹
	Adubação com solução nutritiva completa	Adubação foliar (^{10}B)
	Adubação com solução completa (^{10}B)	Adubação foliar (B) ²
	Adubação com solução nutritiva completa - B	-
Limoeiro 'Cravo'	Adubação com solução nutritiva completa - B	Adubação foliar (^{10}B)
	Adubação com solução nutritiva completa	Adubação foliar (^{10}B)
	Adubação com solução completa (^{10}B)	Adubação foliar (B)

¹ Ácido bórico enriquecido em ^{10}B ² Ácido bórico normal

A adubação foliar foi feita no início da manhã por meio de pulverizador manual e aplicou-se quantidade de solução contendo B ($0,255 \text{ g L}^{-1}$). Por meio de pesagens dos vasos, antes e após a adubação foliar, obteve-se a quantidade de solução efetivamente depositada na laranjeira. A solução nutritiva completa, com na B na concentração de $0,5 \text{ mg L}^{-1}$, foi aplicada no substrato comercial. Três meses após a adubação foliar, quando as plantas já haviam emitido brotações e estas já estavam desenvolvidas, foi feita a coleta das laranjeiras separando-se a parte que recebeu a adubação foliar com B e a parte nova crescida após a pulverização foliar ou aplicação de B no substrato. Cada uma das partes foi separada em ramos e folhas e submetida a lavagem com água destilada.

Nos experimentos, o teor total de B nas diferentes partes da planta foi determinado obtendo-se o extrato por via seca e a quantificação foi feita pelo método da azometina-H (TEDESCO et al., 1995). A razão isotópica $^{11}\text{B}/^{10}\text{B}$ foi determinada em ICP-MS (BELLATO, 1999). A partir dos resultados da razão isotópica, calculou-se a porcentagem de B na planta proveniente da solução aplicada nas folhas ou no substrato (%B_{ppf}), pela fórmula (1).

$$\% \text{ B}_{\text{ppf}} = [(\text{At. \% de } ^{10}\text{B}_{\text{amostra}} - \text{At. \% de } ^{10}\text{B}_{\text{natural}}) / (\text{At. \% de } ^{10}\text{B}_{\text{adubo}} - \text{At. \% de } ^{10}\text{B}_{\text{natural}})] \cdot 100 \quad (1)$$

At. % de $^{10}\text{B}_{\text{amostra}}$ = Porcentagem de átomos de ^{10}B na amostra; At. % de $^{10}\text{B}_{\text{natural}}$ = Porcentagem de átomos de ^{10}B natural; At. % de $^{10}\text{B}_{\text{adubo}}$ = Porcentagem de átomos de ^{10}B na amostra.

Resultados e discussão

Síndrome de deficiência de B

As três plantas cultivadas em solução nutritiva com B, do experimento 1, emitiram novas brotações aproximadamente 20 dias antes do que aquelas sem B. Uma das plantas cultivadas na solução sem B não emitiu lançamento novo e constatou-se a morte da gema terminal, sintoma típico da deficiência de B (CHAPMAN, 1968 e RIVERO, 1968). Nas outras duas plantas sem B, houve superbrotção na parte apical e os ramos apresentaram-se com florescimento muito acima do normal, sintoma típico da deficiência de B, como descreveu CHAPMAN (1968). As folhas ⁺³ das plantas deficientes continham 30 mg kg⁻¹ de B, enquanto nas plantas normais era de 50 mg kg⁻¹. Os ramos novos das plantas deficientes em B apresentavam-se murchos nas horas mais quentes do dia. Segundo RIVERO (1968), o primeiro sintoma de deficiência de B é um murchamento geral da planta, como se as árvores necessitassem de água, sendo que isto ocorre mesmo quando as condições de umidade do solo são normais. As plantas com B aumentaram em 21% o peso da matéria seca de raízes em relação as plantas cultivadas em solução nutritiva sem B. GRASSI FILHO (1991) não encontrou efeito do B no peso da matéria seca do sistema radicular do limoeiro 'Cravo' quando as plantas foram cultivadas em solução nutritiva contendo 0,0625 a 0,5 mg L⁻¹ de B, mas encontrou aumento significativo para o comprimento da raiz, que variou de 25 m/planta com 0,0625 mg L⁻¹ de B para 33 m/planta quando as plantas foram cultivadas em solução

nutritiva com $0,5 \text{ mg L}^{-1}$ de B. Para MARSCHNER (1997) um dos primeiros sintomas de deficiência de B é a inibição ou a paralização da elongação da raízes.

Concentração de B nas folhas

De acordo com SHELP (1988), a razão da concentração de determinado nutriente entre as folhas novas e as folhas velhas evidencia se o mesmo é redistribuído via floema ou não. Quando a razão é muito menor que 1, por exemplo 0,5, indica que o nutriente não é redistribuído pelo floema, portanto imóvel e quando é maior que 1, por exemplo 1,5, indica que o nutriente é redistribuído via floema. No experimento 1, nas laranjeiras cultivadas em solução nutritiva sem B, as razões entre os teores de B nas folhas colhidas nas partes mediana e superior da planta (folhas mais novas) em relação ao seu teor nas folhas da parte inferior da planta (folhas mais velhas) foram, respectivamente, de 0,7 e 0,5. Tais valores, segundo SHELP (1988), são indicativos de que o B não se redistribui via floema nas laranjeiras. Entretanto, nas laranjeiras cultivadas com solução nutritiva com B, as razões entre os teores deste nutriente nas folhas coletadas da mesma forma acima mencionada foram de 0,9 e 1,0, respectivamente, indicando teores de B muito próximos nas folhas das diferentes idades. PAPADAKIS et al. (2003) encontraram valores da razão entre os teores de B das folhas novas e de folhas basais entre 0,36 a 0,57, em laranjeiras cultivadas em solução nutritiva com várias concentrações de B.

Segundo BROWN & HU (1998a), nas plantas em que o B é imóvel, ocorre um gradiente no teor deste nutriente nas partes de uma mesma folha, menor no pecíolo e muito maior no ápice, e nas plantas em que o B é móvel, os teores deste nutriente no pecíolo e no ápice foliar são próximos. Por exemplo, na noqueira o B é imóvel, e o seu teor no ápice da folha foi 38 vezes maior do que no pecíolo, mas na macieira, em que o B é móvel, o teor no pecíolo da folha é aproximadamente a metade do teor no ápice. Nas laranjeiras crescidas em solução nutritiva sem B, no pecíolo o teor de B foi 1,2 vezes maior do que no ápice das folhas colhidas na superior da planta. No tratamento com B, ocorreu o contrário, pois o teor de B no pecíolo das folhas colhidas na parte superior da planta foi menor do que no ápice, correspondendo a uma razão de 0,9.

Estes fatos demonstraram que o critério proposto por SHELP (1988) e BROWN & HU (1998b) não permitiu evidenciar se o B é móvel ou imóvel na laranjeira.

Absorção foliar e radicular de B e sua translocação na laranjeira

No experimento 2, o teor de B nas folhas que receberam a adubação foliar aumentou conforme houve aumento a quantidade de B aplicado, mas não ocorreu aumento no teor das folhas que nasceram após a adubação foliar (Figura 1).

O coeficiente de regressão linear significativo reflete a correspondência entre teor de B das folhas velhas (já existentes no momento da adubação foliar) e a quantidade aplicada de B, o que não se verifica para as folhas novas, isto é, aquelas nascidas após a adubação foliar (Figura 1). Este fato indicou que não ocorreu translocação do B absorvido pelas folhas velhas para as folhas novas, ou que a quantidade redistribuída não foi suficiente para alterar significativamente o teor de B nas folhas novas. Estes resultados explicam o fato de ter havido aumento no teor de B nas folhas que receberam a adubação foliar, como encontraram CAETANO (1982), CAETANO et al. (1986) e TIRITAN (1996) que coletaram folhas um mês após a adubação foliar e explicam também os resultados obtidos por VITTI et al. (1993) que colheram folhas de laranjeira 6 meses após a adubação foliar e não encontraram efeito da adubação foliar no teor de B, pois estas folhas amostradas não existiam no momento da adubação foliar.

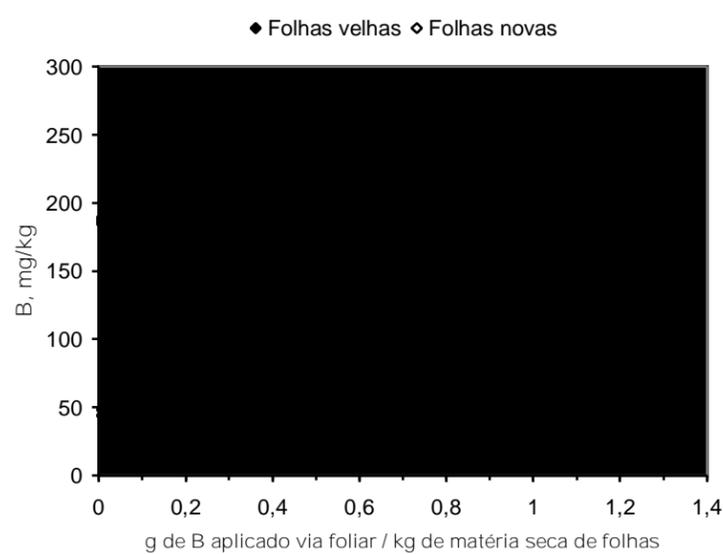


Figura 1. Teor total de B nas folhas da laranjeira. (Folhas velhas são as já existentes no momento da adubação foliar e folhas novas aquelas que nasceram após a adubação foliar). Experimento 2.

O teor foliar de B da combinação 'Valência'/'Cravo' foi em média 30% menor que o da 'Valência'/'Swingle'. LIMA et al. (1980) constataram o efeito da copa na concentração foliar de B e outros nutrientes. O porta-enxerto não influenciou na

eficiência da adubação foliar ou radicular e por isso os resultados apresentados no terceiro experimento são médios para os dois porta-enxerto.

A técnica isotópica permitiu localizar o B absorvido pelas folhas, depois de decorridos 30 dias da adubação, conforme é apresentado na tabela 2. O B absorvido pelas folhas se localiza principalmente nas folhas que receberam a adubação foliar e uma pequena parcela do que é absorvido se translocou para os ramos novos, pois no máximo 5,5% do absorvido se translocou para o ramo novo. O B absorvido no sistema radicular sofreu uma distribuição mais equitativa entre os ramos velhos e os ramos novos.

Considerado a planta toda, constatou-se que a eficiência da adubação foliar foi quase o dobro da eficiência da absorção radicular (tabela 3). Entretanto, se for analisada a eficiência da adubação em fornecer B ao ramo novo, constata-se que a aplicação no substrato é duas vezes mais eficiente que a adubação foliar.

Como o B ao ser absorvido pelas raízes é transportado para a parte aérea da planta pelo fluxo transpiratório, o nutriente se dirigiu para as partes da planta que estão em atividade. Demonstra-se assim que a aplicação do B no solo é mais eficiente em nutrir as partes jovens da planta do que a aplicação de B nas folhas. Isto porque o B é móvel no xilema, que é a principal forma de transporte deste das raízes para a parte aérea, mas é pouco móvel no floema, por onde deveria ser transportado das folhas que recebem a adubação foliar para as partes jovens da planta, que são os principais drenos. Este resultados podem explicar aqueles obtidos por VITTI et al. (1993) que encontraram efeito da adubação com B aplicada no solo e não encontraram efeito da adubação foliar em aumentar o teor de B de folhas colhidas 6 meses após a aplicação do adubo, folhas que se formaram após a adubação com B no solo ou na folha.

Na tabela 4 encontram-se as estimativas dos efeitos do B absorvido pelas folhas e raízes em aumentar o teor foliar da laranjeira. Constata-se que o B absorvido pelas raízes, apesar de ser em menor quantidade, pois decorreram apenas 30 dias da aplicação do adubo, tem o dobro do efeito da adubação foliar no teor das folhas novas.

Tabela 2. Localização do B absorvido (Experimento 3)

Local de aplicação do B		Localização do B absorvido			
Substrato	Folha	RN ¹	FN ¹	RV ²	FV ²
		%			
-	¹⁰ B	0,5±0,3	5,0±1,6	1,6±0,2	92,9±2,2
B	¹⁰ B	0,3±0,1	2,8±0,9	1,5±0,2	95,4±1,0

¹⁰ B	B	2,2±0,5	15,2±5,2	3,9±0,6	78,7±4,5
-----------------	---	---------	----------	---------	----------

¹ Ramo (R) ou folha (F) que nasceu após a aplicação de adubo marcado com ¹⁰B
² Ramo (R) ou folha (F) que recebeu a adubação foliar com adubo marcado com ¹⁰B, ou já existia quando a solução contendo ¹⁰B foi aplicada no substrato.

Tabela 3. Eficiência da absorção foliar e radicular de B pela laranjeira (Experimento 3)

Local da aplicação e Quantidade de ¹⁰ B		Eficiência ¹		
		Parte nova ²	Parte velha ³	Planta
Substrato	Folha		%	
-	5,30 mg/planta	1,5±0,8	24,3±3,7	25,8
- ⁴	5,85 mg/planta	0,7±0,3	23,6±5,2	24,1
3,50 mg/planta	-	2,4±0,7	10,9±1,1	13,1

¹ Eficiência = (Quantidade de B aplicado / Quantidade de B absorvido). 100

² Parte nova (ramo e folha) é aquela que cresceu após a aplicação de ¹⁰B nas folhas ou no substrato.

³ Parte velha (ramo e folha) é aquela que recebeu a aplicação do ¹⁰B nas folhas ou já existia quando o ¹⁰B foi aplicado no substrato.

⁴ Houve aplicação de B no substrato.

Tabela 4 - Estimativa do efeito do B absorvido no aumento do teor foliar da laranjeira.

Local da aplicação		Folhas Velhas ¹			Folhas Novas ¹		
Quantidade de B		MS ²	B ²	C ²	MS ²	B ²	C ²
Substrato	Folha	g	mg	mg kg ⁻¹	g	mg	mg kg ⁻¹
¹⁰ B, mg/planta							
-	5,30	20,5	1,23	60	12,0	0,07	5
- ³	5,85	23,9	1,31	55	11,8	0,04	3
3,50		22,0	0,37	17	7,85	0,07	9

¹ Folhas velhas já existiam no momento da aplicação do ¹⁰B e folhas novas são aquelas que nasceram até 30 dias após a aplicação de adubo marcado com ¹⁰B.

² MS = matéria seca das folhas velhas ou novas; B = quantidade de ¹⁰B encontrado e C = (B.100)/MS.

³ Houve aplicação de B no substrato.

Conclusões

O B contido na laranjeira teve redistribuição muito restrita na planta.

O B que foi absorvido pela folhas, permaneceu principalmente nas folhas que receberam a adubação foliar.

O B que foi absorvido pelas raízes se translocou para a toda parte aérea da laranjeira.

O B aplicado no substrato foi mais eficiente em aumentar o seu teor nas folhas dos ramos novos em comparação à aplicação nas folhas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BELLATO, A.C.D.S. Determinação isotópica e elementar de boro em amostras vegetais por espectrometria de massas com fonte de plasma (ICP-MS). 1999. 71p. Dissertação (Mestrado em Ciências, Área de Concentração em Energia Nuclear na Agricultura) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura/USP, Piracicaba.
- BLEVINS, D.G. & LUKASZEWSKI, K.M. Boron plant structure and function. Annual Review of Plant Physiology, Stanford, v.49, p.481-500, 1998.
- BROWN, P.H.; HU, H. Manejo de boro de acordo com sua mobilidade nas diferentes culturas. Informações Agronômicas, Piracicaba, v.84, p.1-4, 1998a.
- BROWN, P.H.; HU, H. Phloem boron mobility in diverse plant species. Botanica Acta, Stuttgart, v.111, p.331-335, 1998b.
- BROWN, P.H. & SHELP, B.J. Boron mobility in plants. In: DELL, B.; BROWN, P.H.; BELL, R.W. (Eds.). Boron in Soils and Plants: Reviews. Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 1997. P.85-101.
- CAETANO, A.A. Estudo da eficiência de várias fontes dos micronutrientes zinco, manganês e boro aplicados em pulverização na laranjeira Valência (*Citrus sinensis* (L.) OSBECK). 1982. 46p. Dissertação (Mestrado em Agronomia, Área de Concentração em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP, Piracicaba.
- CAETANO, A.A.; MOREIRA, C.S.; NEGRI, J.D.; FIGUEIREDO, J.O.; TEÓFILO SOBRINHO, J.; HIROCE, R. Estudo da eficiência de várias fontes dos micronutrientes zinco, manganês e boro aplicados em pulverização na laranjeira Valência *Citrus sinensis* (L.) OSBECK. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 8., 1986. Florianópolis. Anais... Florianópolis: SOCIEDADE BRASILEIRA DE FRUTICULTURA, 1986. v.1, p.175-182.

- CERDA, A.; CARO, M.; SANTA CRUZ, F. Redistribuição de nutrientes em limonero verna determinados por um metodo indireto. *Anales de Edafologia y Agrobiologia*, Madrid, v.41, n.3, p.697-704, 1982.
- CHAPMAN, H.D. The mineral nutrition of citrus. In: REUTHER, W.; BATCHELOR, L.D.; WEBBER, H.J. (Eds.) *Citrus Industry VII. Anatomy, Physiology, Genetics and Reproduction*. Riverside: University of California, Division of Agricultural Sciences, 1968. p.127-289.
- GRASSI FILHO, H. Níveis de cálcio e boro e suas interações, afetando o desenvolvimento do sistema radicular, a composição mineral e o vigor do limoeiro cravo [*Citros limonia* (L.) Osbeck], em condições controladas. 1991. 92p. Dissertação (Mestrado em Agronomia, Área de Concentração em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP, Piracicaba.
- GUPTA, U. C. Boron nutrition of crops. *Advances in Agronomy*, New York, v.31, p.273-307, 1979.
- HU, H.; BROWN, P. H. Phloem mobility of born in species dependent: evidence of boron mobility in sorbitol-rich species. *Annals of Botany*, Oxford, v.77, 497-505, 1996.
- HU, H.; PENN, S. G.; LEBRILLA, C. B.; BROWN, P. H. Isolation and characterization of soluble boron complexes in higher plants. *Plant Physiology*, Rockville, v.113, 649-655, 1997.
- 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*. London: Academic Press, 1997. 889p.
- MENGEL, K.; KIRKBY, E.A. *Principles of Plant Nutrition*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2001. 859p.
- PAPADAKIS, I.E.; DIMASSI, K.N.; THERIOS, I.N. Response of two citrus genotypes to six boron concentrations: concentration and distribution of nutrients, total basorption, and nutrient use efficiency. *Australian Journal of Agricultural Research*, Melbourne, v. 45, p. 571-580, 2003.
- QUAGGIO, J.A.; ROSSETTI, V.; CHAGAS, C.M. Anormalidades de tangerineiras 'Poncã', no Estado de Minas Gerais, provocadas por deficiência de boro. *Bragantia*, Campinas, v.55, n.1, p.157-162, 1996.

- QUAGGIO, J.A.; MATTOS JUNIOR, D.; CANTARELLA, H.; TANK JUNIOR, A. Fertilização com boro e zinco no solo em complementação à aplicação via foliar em laranja Pera. *Pesq. agropec. Bras.*, Brasília, v.38, n.5, p. 627-634, 2003.
- RIVERO, J. M. Los Estados de Carencia de los Agrios. Madrid: Mundi-Prensa, 1968, 510p.
- SANTOS, C. H.; DUARTE FILHO, J.; MODESTO JUNIOR, C.; GRASSI FILHO, H.; FERREIRA, G. Adubos foliares quelatizados e sais na absorção de boro, manganês e zinco em laranja 'Pera'. *Scientia Agricola*, Piracicaba, v.56, p.999-1004, 1999.
- SHELP, B.J. Boron mobility and nutrition in brocoli (*Brassica oleracea* var. *italica*). *Annals of Botany*, Oxford, v.61, p.83-91, 1988.
- SILVA, M.M. Avaliação dos teores foliares de micronutrientes em citros em função da aplicação de fungicidas, sais e quelatizados. 1996, 58p. Dissertação (Mestrado em Agronomia, Área de Concentração em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP, Piracicaba.
- TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHEN, H.; VOLKWEISS, S. Análise de solo, planta e outros materiais. Porto Alegre: Departamento de Solo. Faculdade de Agronomia. Universidade do Rio Grande do Sul, 1995. 174p.
- TIRITAN, C.S. Aplicação foliar de micronutrientes em citros. 1996. 64p. Dissertação (Mestrado em Agronomia, Área de Concentração em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP, Piracicaba.
- VITTI, G.C.; DONADIO, L.C.; DELARCO, R.D.; MALAVOLTA, E.; CABRITA, J.R.M. Influence of soil and leaf applications of micronutrients on yield and fruit quality of *Citrus sinensis* Osbeck, variety Pera. In: FRAGOSO, M.A.C.; BEUSICHEM, M.L. (Eds.) Optimization of Plant Nutrition. Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 1993. p.453-456.
- ZIMMERMANN, M.H.; ZIEGLER, H. List fo sugars and sugar alcohols in sieve-tube exudates. In: ZIMMERMANN, M.H.; MILBURN, J.A. (Eds.) Encyclopedia of Plant Physiology. VI: Transport in Plants, I Phloem transport, Berlin: Springer-Verlag, 1975. p.480-503.