



DINÂMICA DOS TEORES DE BORO NO ALGODOEIRO EM FUNÇÃO DE DOSES DO ELEMENTO NA SOLUÇÃO NUTRITIVA*

Julio Cesar Bogiani¹; Thalita Fernanda Sampaio²; Gilvan Ferreira Barbosa¹; Ciro Antonio Rosolem².

¹ Embrapa Algodão - Núcleo do cerrado / e-mail: julio@cnpa.embrapa.br; ²UNESP – Botucatu.

RESUMO - Dentre os micronutrientes na cultura do algodoeiro, tem-se observado que o boro é o mais limitante e aquele cujos sintomas de deficiência aparecem com maior frequência, sendo seus prejuízos dependentes da intensidade e tempo do período carente. Assim, o presente trabalho objetivou estudar a dinâmica dos teores de B em três cultivares de algodoeiro cultivado em doses do nutriente na solução nutritiva, em duas épocas de coletas. O experimento foi conduzido em condições de casa de vegetação e as plantas foram cultivadas em vasos contendo solução nutritiva. Os tratamentos constituíram-se de três cultivares de algodão (FMT 701, DP604BG e FMX 993) e cinco doses de boro (0,0 – 2,5 – 5,0 – 10,0 e 20,0 $\mu\text{mol L}^{-1}$). Foram feitas avaliações nutricionais da planta após duas e quatro semanas da emissão do primeiro botão floral. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com quatro repetições em esquema fatorial com 3 x 5. O teor de B na raiz, caule, folhas e estruturas reprodutivas aumentam em função do aumento das doses de B na solução nutritiva, porém, diminuem com o crescimento da planta nos estádios até quatro semanas após emissão do primeiro botão floral, sem diferença de resposta entre as cultivares.

Palavras-chave: *Gossypium hirsutum*; Micronutriente; Deficiência nutricional; Concentração.

INTRODUÇÃO

Dos micronutrientes exigidos pelo algodoeiro, o boro (B) é o mais limitante e aquele cujos sintomas de deficiência aparecem com maior frequência (ROSOLEM et al., 2001), em virtude da necessidade da planta e da disponibilidade do elemento no solo que, muitas vezes, é baixa, principalmente nos solos de cerrado, onde se concentra as maiores áreas de cultivo do algodoeiro.

Embora exigido em pequenas quantidades, o elemento diminui drasticamente a produção de algodão quando em baixa disponibilidade devido às diversas funções deste elemento na planta, como ativação ou inibição de enzimas, participação do metabolismo de fenóis, das auxinas (AIA) e precursores da lignina, presença nas reações de armazenagem de energia (ATP), no metabolismo de ácidos nucléicos, metabolismo e síntese de proteínas (KOUCHI; KUMAZAWA, 1976, TAIZ e ZEIGER, 2004; MALAVOLTA, 2006). Também tem funções na formação da parede celular e divisão celular,

* Trabalho financiado pela FAPESP.

organização e funcionamento de membranas, alongação celular, síntese e transporte de carboidratos e açúcares das membranas (DECHEN et al., 1991). A fotossíntese, metabolismo e transporte de carboidratos também são afetados pela deficiência de boro (MALAVOLTA, 2006).

O boro é essencial para a formação de tecidos meristemáticos, porém com baixa mobilidade, por isso os sintomas de carência aparecem em primeiro lugar nos pontos de crescimento, prejudicando o crescimento e causando modificações na morfologia da planta (MALAVOLTA, 2006). O quadro sintomatológico de deficiência de B é função da carência do nutriente no solo, do tempo de exposição das plantas à essa situação e da magnitude da deficiência (ROSOLEM et al., 1999).

Em virtude da baixa mobilidade do elemento na planta e das alterações morfológicas causadas em ambientes carentes de B, a absorção e distribuição do elemento na planta podem ser prejudicadas, alterando a dinâmica do nutriente no algodoeiro. Há poucas e controversas observações a respeito da mobilidade dentro desta espécie, e é possível que estas diferenças de respostas ocorram em função das cultivares. Neste contexto, o presente trabalho teve o objetivo de estudar a dinâmica dos teores de B em três cultivares de algodoeiro cultivado em diferentes doses do nutriente na solução nutritiva, em duas épocas de coletas.

METODOLOGIA

Este experimento foi conduzido sob condições de casa de vegetação e em solução nutritiva (HOAGLAND & ARNON, 1950) para avaliar as cultivares de algodoeiro FMT 701, DP 604 BG e Fibermax 993 (FMX 993).

As sementes de algodoeiro foram colocadas para germinar em bandejas contendo areia lavada seguindo metodologia descrita por Brasil (2009). Após a emergência, as plântulas foram retiradas da areia, tomando o cuidado para não danificar a raiz, e transferidas duas plantas para cada vaso de plástico com 4 litros de capacidade contendo solução nutritiva diluída na proporção de 1:10 da solução original, tendo como apoio para sustentação uma placa de isopor fixada na parte superior do vaso. Após uma semana, fez-se a primeira troca de solução nutritiva, substituindo por uma solução diluída na proporção de 1:5 da solução original. Após mais uma semana, fez-se a segunda troca de solução nutritiva, substituindo pela diluição original (proporção de 1:1), diluição esta que foi utilizada em todas as demais trocas semanais, até o fim do experimento. Por ocasião da quarta troca de solução nutritiva, os vasos com capacidade de 4,0 litros foram substituídos por outros com capacidade de 7,0 litros. Em todas as trocas de solução nutritiva, inclusive a primeira (diluição 1:10) foram respeitadas as doses de 0,0 - 2,5 - 5,0 - 10,0 e 20,0 $\mu\text{mol L}^{-1}$ de B.

Foram conduzidos dois vasos de cada tratamento dentro de cada bloco para realização de duas avaliações destrutivas, sendo a primeira realizada duas semanas após a emissão do primeiro botão floral, e a segunda realizada quatro semanas após emissão do primeiro botão floral.

Por ocasião da colheita para as avaliações, as plantas foram separadas em raiz e parte aérea. A parte aérea foi separada em folhas (limbo + pecíolo), estruturas reprodutivas e haste principal mais ramificações. Todo material vegetal foi seco a 65 °C em estufa de ventilação forçada até peso constante, moído para determinação dos teores de B nos tecidos vegetais, conforme metodologia descrita por Malavolta et al. (1989).

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com quatro repetições, num esquema fatorial 3 cultivares X 5 doses. Para comparação das médias entre as cultivares, foi utilizado o teste t (LSD) com $p < 0,05$ e, para o estudo do efeito das doses de B na solução nutritiva, foi feita análise de regressão polinomial, escolhendo a equação significativa de melhor ajuste.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Duas semanas após emissão do primeiro botão, a cultivar FMX 993 apresentou menor teor de B na raiz que as outras (Tabela 1). Nesta semana de avaliação, a cultivar DP 604 BG mostrou menor teor de B nas folhas que as cultivares FMX 993 e FMT 701. Quatro semanas após a emissão do primeiro botão, a cultivar FMX 993 apresentou menor teor de B no caule que as outras cultivares. Apesar destas diferenças, de uma forma geral, as três cultivares responderam de forma semelhante, pois não foi detectada mais nenhuma diferença entre elas dentre duas semanas de avaliações.

Quanto ao efeito das doses de B sobre o teor de B nas partes da planta, os resultados obtidos na avaliação de duas semanas após emissão do primeiro botão mostraram que o teor de B na raiz das plantas do tratamento com dose 0,0 $\mu\text{mol L}^{-1}$ foram os maiores, e decresceram em função do aumento das doses de B até próximo a dose 5,0 $\mu\text{mol L}^{-1}$, mantendo-se praticamente constante desta até 20,0 $\mu\text{mol L}^{-1}$. Quatro semanas após emissão do primeiro botão, os teores na raiz das plantas do tratamento com dose 0,0 $\mu\text{mol L}^{-1}$ foram maiores, porém, mais próximos dos teores nas outras doses, diminuindo na dose 2,5 $\mu\text{mol L}^{-1}$ e tendendo a subir nas doses maiores, até 20,0 $\mu\text{mol L}^{-1}$ (Figura 1A).

Na primeira avaliação, o maior teor na dose 0,0 $\mu\text{mol L}^{-1}$ pode ser explicado pelo fato de a semente ter certa reserva de B, e devido sua baixa mobilidade, ele permaneceu nos primeiros tecidos formados (raiz). A ausência do B na solução fez com que as raízes crescessem pouco até aquele estágio, proporcionando um menor efeito de diluição do B em pouco tecido, e assim teor elevado, mas a partir da dose 2,5 $\mu\text{mol L}^{-1}$, quando a quantidade do elemento já foi suficiente para um crescimento

praticamente normal da raiz até este estágio, os teores diminuíram, assemelhando-se com as demais doses. Já na segunda avaliação, as raízes cresceram mais, aumentando o efeito de diluição e reduzindo o teor no tratamento com dose 0,0 $\mu\text{mol L}^{-1}$. No dose 2,5 $\mu\text{mol L}^{-1}$ as raízes cresceram quase que normalmente, mas devido à menor disponibilidade do B, os teores foram menores, e a mediada que se aumentou a dose, os teores também se elevaram (Figura 1A).

No caule, a resposta foi semelhante nas duas avaliações, porém, com maiores valores na segunda semana após emissão do primeiro botão (Figura 1B), isto porque após estágio de emissão do primeiro botão, a taxa de crescimento é maior, proporcionando maior produção de tecido vegetal, diminuindo o teor pela maior diluição, porém, os valores acumulados são maiores (BOGIANI, 2010).

Nas folhas, os teores aumentaram quase que linearmente em função das doses nas duas avaliações, porém, com maiores valores na primeira avaliação e, principalmente, nas maiores doses (Figura 1C), e este feito pode ser explicado da mesma forma que exposto para os teores no caule. Este aumento do teor quase que linear nas folhas se deu, possivelmente, pelo fato de que a absorção e o transporte deste nutriente ocorrem, principalmente, através do fluxo de transpiração, e sua acumulação ocorre nos órgãos que apresentam a maior taxa transpiratória (BROWN; SHELP, 1997), que são as folhas, e devido a baixa mobilidade do elemento no floema do algodoeiro, o acúmulo de B na folha é grande. Isto mostra a importância da utilização de uma folha adequada e coletada no estágio adequado para diagnose foliar para fins de avaliar o estado nutricional da planta.

Nas estruturas reprodutivas, o teor seguiu mesma tendência e resposta semelhante nas duas semanas de avaliações, com menores valores na segunda avaliação. Nas duas avaliações, os teores aumentaram até próximo a dose 10,0 $\mu\text{mol L}^{-1}$ mantendo-se constante a partir desta até 20,0 $\mu\text{mol L}^{-1}$ (Figura 1D). Na dose 0,0 $\mu\text{mol L}^{-1}$ não foram apresentados valores porque as estruturas reprodutivas abortaram, e na dose 2,5 $\mu\text{mol L}^{-1}$ os valores foram bem menores, mostrando que o crescimento reprodutivo da planta é bem mais afetado que o vegetativo numa condição de carência de B.

Não houve efeito de interação das doses de B com as cultivares, exceto o teor de B nas folhas na segunda semana após emissão do primeiro botão. Nesta avaliação, todas as cultivares mostraram mesmo comportamento com relação ao aumento das doses, porém, com relação a resposta das cultivares dentro de cada dose, a cultivar DP 604 BG mostrou menor teor nas folhas que as FMT 701 e FMX 993 na dose 10,0 $\mu\text{mol L}^{-1}$ e menor que a cultivar FMX 993 na dose 20,0 $\mu\text{mol L}^{-1}$ (Figura 2).

CONCLUSÃO

O teor de B na raiz, caule, folhas e estruturas reprodutivas aumentam em função do aumento das doses de B na solução nutritiva, porém, diminuem com o crescimento da planta nos estádios até quatro semanas após emissão do primeiro botão floral, sem diferença de resposta entre as cultivares.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BOGIANI, J.C. **Absorção e mobilidade do boro em cultivares de algodoeiro**. Botucatu, 2010. 89 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, SP.

BRASIL, Ministério da agricultura, pecuária e abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Secretaria de Defesa Agropecuária, Brasília: MAPA/ ACS, 2009. 395p.

BROWN, P.H.; SHELP, J.B. Boron mobility in plants. **Plant and Soil**, v.193, p.85-101, 1997.

DECHEN, A.R.; HAAG, H.P.; CARMELLO, Q.A. de C. **Funções dos micronutrientes nas plantas**. In: FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P. (ed.). **Micronutrientes na Agricultura**. Piracicaba: POTAFOS/CNPq, 1991. p.65-97.

HOAGLAND, D.R.; ARNON, I. The water culture method for growing plants without soil. **Cirulating of California Agricultural Experiment Station**. v.347, p.32. 1950.

KOUCHI, H.; KUMAZAWA, K. Anatomical responses of root tips to boron deficiency. III. Effect of boron deficiency on subcellular structure of root tips, particuly on cell wall and its related organelles. **Soil Science and Plant Nutrition**, v.22, p.53-71, 1976.

MALAVOLTA, E. **Manual de Nutrição Mineral de Plantas**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 2006, 638p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, A.S. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato. 1989. 201p.

ROSOLEM, C.A.; ESTEVES, J.AF.; FERELLI, L. Resposta de cultivares de algodoeiro ao boro em solução nutritiva. **Scientia Agricola**, v.56, p.705-711, 1999.

ROSOLEM, C.A.; QUAGGIO, J.A.; SILVA, N.M. Algodão, Amendoim e Soja. In: FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P.; RAIJ, van. B.; ABREU, C.A. (Eds). **Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura**. Jaboticabal: CNPq/FAPESP/POTAFOS, 2001, p.321-354.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2004, 613 p.

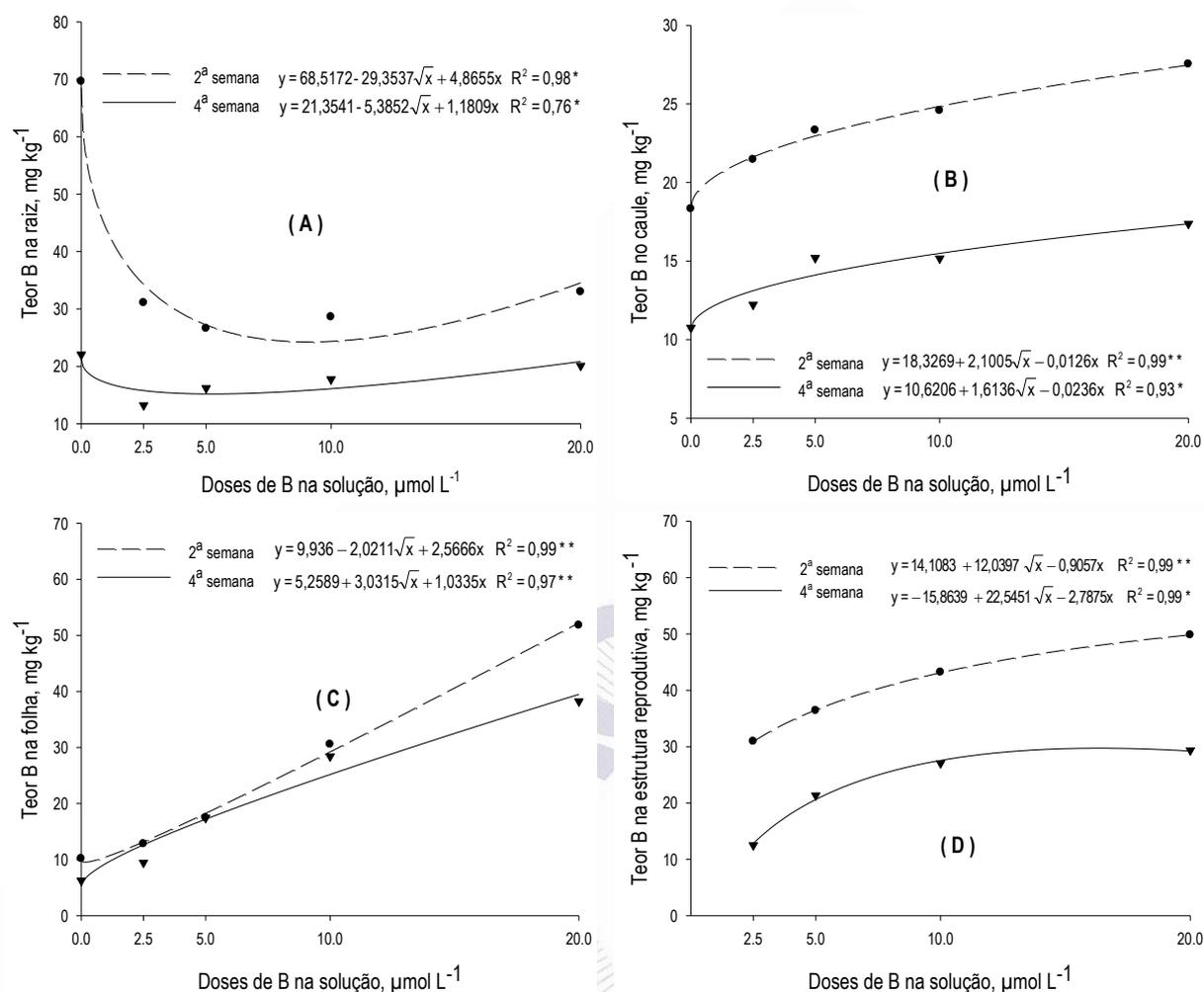
TABELA 1. Teor de B em diferentes partes do algodoeiro obtido na segunda e quarta semana após emissão do primeiro botão floral, em função das doses 0,0 – 2,5 – 5,0 – 10,0 e 20,0 $\mu\text{mol L}^{-1}$ de B na solução nutritiva.

Cultivares	Raiz		Caule		Folhas		Estruturas Reprodutivas	
	2 ^a semana	4 ^a semana	2 ^a semana	4 ^a semana	2 ^a semana	4 ^a semana	2 ^a semana	4 ^a semana
FMT 701	40,02	17,41	23,92	14,10	25,49	20,11	41,50	21,90
DP 604 BG	40,46	17,88	21,70	15,49	21,15	20,73	40,22	22,44
FMX 993	32,86	18,27	23,51	12,83	27,03	19,02	38,54	23,30
DMS	4,83**	1,88 ^{ns}	2,34 ^{ns}	1,52**	2,70**	3,28 ^{ns}	3,60 ^{ns}	2,59 ^{ns}
F Dose	67,6**	16,4**	10,5**	14,6**	96,4**	80,5**	32,3**	52,0**
F Dose x Cultivar	1,7 ^{ns}	0,8 ^{ns}	0,3 ^{ns}	1,0 ^{ns}	3,6**	0,7 ^{ns}	1,1 ^{ns}	0,8 ^{ns}
C.V.(%)	10,1	9,4	9,9	10,5	10,9	11,7	8,5	9,8

DMS = diferença mínima significativa pelo teste t (LSD), para comparação de médias na coluna.

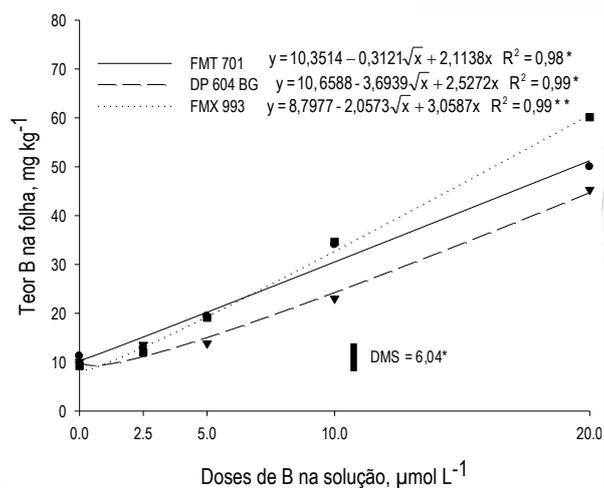
F = valor do F calculado para a fonte de variação Dose e para interação Dose x Cultivar.

** e ^{ns}, significativo ($p < 0,05$) e não significativo, respectivamente.



● e ▼ = 2ª e 4ª semana, respectivamente. * e ** significativo ($p < 0,05$ e $p < 0,01$), respectivamente.

FIGURA 1. Teor de B na raiz (A), caule (B), folhas (C) e estruturas reprodutivas (D) de algodoeiro obtido na segunda e quarta semana após emissão do primeiro botão floral, em função das doses de B na solução nutritiva.



◆, □ e ○ = folha velha, folha nova e ponteiro, respectivamente. * e ** significativo ($p < 0,05$ e $p < 0,01$), respectivamente.

FIGURA 2. Teor de B nas folhas de cultivares de algodoeiro obtido na segunda semana após emissão do primeiro botão floral, em função das doses de B na solução nutritiva.