



## RESPOSTA DO ALGODOEIRO CULTIVADO SOB DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE BORO E ZINCO

Érica de Oliveira Araújo<sup>1</sup>; Marcos Antonio Camacho<sup>2</sup>; Elcio Ferreira dos Santos<sup>3</sup>; Ana Paula Câmara<sup>4</sup>; Laura Pereira de Oliveira<sup>5</sup>

<sup>1</sup> UFGD/ericabb25@hotmail.com; <sup>2</sup> UEMS/camacho@uems.br; <sup>3</sup> UEMS/elcio\_f2@hotmail.com; <sup>4</sup> UEMS/paulinha\_01camara@hotmail.com; <sup>5</sup> UEMS/laura\_bh\_oliveira@hotmail.com

**RESUMO** - O presente trabalho teve por objetivo avaliar o efeito das concentrações de boro, zinco e a interação entre os nutrientes sobre o desenvolvimento do algodoeiro cultivado em solução nutritiva. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com três repetições, em esquema fatorial 4x5, sendo quatro concentrações de boro (0, 20, 40 e 80  $\mu\text{M L}^{-1}$ ) e cinco concentrações de zinco (0, 1, 2, 4 e 8  $\mu\text{M L}^{-1}$ ). As plantas de algodão estudadas foram cultivadas em casa de vegetação, com solução nutritiva completa por 28 dias, após os quais receberam solução nutritiva modificada de acordo com o tratamento. Foram avaliadas número de estruturas reprodutivas, produção de massa seca, diâmetro da maçã, altura da maçã, espessura da casca da maçã e produção de sementes. Concluiu-se que a espessura da casca da maçã de plantas de algodão é influenciada pelas concentrações de boro na solução nutritiva. O número de estruturas reprodutivas e a produção de sementes respondem significativamente as concentrações de boro, zinco e interação boro e zinco na solução nutritiva. A produção de massa seca total é influenciada pelas concentrações de zinco na solução nutritiva.

**Palavras-chave:** *Gossypium hirsutum* L., micronutrientes, nutrição mineral, solução nutritiva

## INTRODUÇÃO

O boro (B) e o zinco (Zn) são os dois micronutrientes que mais limitam o rendimento das culturas no Brasil (MALAVOLTA, 1980), onde o B é o que causa maior problema à cotonicultura. Embora sejam requeridos em quantidades relativamente diminutas, em condições de alta deficiência deprime de maneira expressiva a produtividade da planta. Em solos de cerrado, o boro pode ser problema devido ao baixo teor de matéria orgânica destes solos, visto que a matéria orgânica é a principal fonte de boro para as plantas, e às possíveis lixiviações.

O B está relacionado a muitos processos fisiológicos da planta, como transporte de açúcares, estrutura da parede celular, síntese de parede celular, lignificação, metabolismo de carboidratos, metabolismo de RNA, respiração, metabolismo de ácido indol acético, metabolismo de compostos

fenólicos, metabolismo de ascorbato, além de ter função na integridade da membrana plasmática (CAKMAK; ROMHELD, 1997).

No que se refere ao Zn, além da pobreza natural dos solos, há a adsorção pelos hidróxidos de Fe e de Al, diminuição na disponibilidade com o aumento de pH, pois a calagem, com a finalidade de melhorar o aproveitamento de alguns nutrientes, principalmente o fósforo, pode acarretar problemas de deficiência de outros, tais como o Zn. O Zn é essencial para diferentes sistemas enzimáticos da planta, controlando a produção de importantes reguladores de crescimento. A sua função básica está relacionada à atividade e composição enzimática, manutenção da integridade das membranas, síntese de proteínas, síntese do triptofano, síntese do ácido indol acético e produção de sementes (MENGEL; KIRKBY, 1987).

A agricultura brasileira passa por uma fase em que a produtividade, a eficiência, a lucratividade e a sustentabilidade dos processos produtivos são aspectos da maior relevância. Neste contexto, é muito importante o estudo do equilíbrio e da interação entre os nutrientes. E uma interação importante entre os nutrientes é a que ocorre entre o B e o Zn, sendo um fenômeno complexo, ainda pouco entendido e que seus efeitos refletem na composição mineral das plantas. No Brasil, a interação entre B e Zn tornou-se mais expressiva nos solos das regiões sob vegetação de cerrado, onde a deficiência de ambos os nutrientes é freqüente.

Diante do exposto, pode-se pressupor que as concentrações de boro, zinco e a interação entre os nutrientes, seja importante para o manejo da fertilidade de solos e nutrição das plantas, visto que ambos os elementos têm participação em processos que asseguram o bom funcionamento fisiológico e metabólico da planta. Assim, o presente trabalho teve por objetivo avaliar o efeito das concentrações de boro, zinco e a interação entre os nutrientes sobre o desenvolvimento do algodoeiro cultivado em solução nutritiva.

## METODOLOGIA

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Setor de Produção Vegetal da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS), em Aquidauana-MS, de dezembro de 2009 a abril de 2010, cujas coordenadas geográficas são latitude 20°28'S, longitude 55°48'W e altitude de 174 metros. O clima da região é do tipo AW, tropical-quente sub-úmido (com estação chuvosa no verão e seca no inverno), segundo a classificação de Koppen.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com três repetições, em esquema fatorial 4x5, sendo quatro concentrações de boro (0, 20, 40 e 80  $\mu\text{M L}^{-1}$ ), aplicado na forma

de ácido bórico, cinco concentrações de zinco (0, 1, 2, 4 e 8  $\mu\text{M L}^{-1}$ ), aplicado na forma de sulfato de zinco.

As unidades experimentais foram compostas por vasos plásticos com capacidade de três litros, preenchidos com areia lavada. Sementes de algodão cv. FiberMax 910 foram postas a germinar em bandejas com areia umedecida. Cinco dias após a emergência, por ocasião do aparecimento das folhas cotiledonares, foram transplantadas três plântulas para cada unidade experimental, onde receberam solução nutritiva de crescimento, completa e diluída a 1/5 (EPSTEIN; BLOOM, 2006). Aos 28 dias após a emergência realizou-se o desbaste deixando apenas uma planta em cada unidade experimental e iniciou-se a aplicação da solução nutritiva de acordo com o tratamento, sendo realizadas irrigações diárias com água deionizada. Na solução dos tratamentos com omissão de nutriente, as concentrações foram idênticas à solução completa, exceto quanto ao nutriente omitido.

A solução nutritiva apresentou a seguinte composição: 6,0 mL de  $\text{KNO}_3$  1 mol  $\text{L}^{-1}$ ; 4,0 mL de  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$  1 mol  $\text{L}^{-1}$ ; 2,0 mL de  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$  1 mol  $\text{L}^{-1}$ ; 1,0 mL de  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  1 mol  $\text{L}^{-1}$ ; 1,0 mL de Fe-EDTA 0,2 mol  $\text{L}^{-1}$ ; 1,0 mL de KCl 0,05 mol  $\text{L}^{-1}$ ; 1,0 mL de  $\text{H}_3\text{BO}_3$  0,02 mol  $\text{L}^{-1}$ ; 1,0 mL de  $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  0,002 mol  $\text{L}^{-1}$ ; 1,0 mL de  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  0,002 mol  $\text{L}^{-1}$ ; 1,0 mL  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  0,0005 mol  $\text{L}^{-1}$ ; 1,0 mL  $\text{H}_2\text{MoO}_4$  0,0005 mol  $\text{L}^{-1}$ .

As determinações do número de estruturas reprodutivas de plantas de algodão foram realizadas a cada 10 dias, até os 115 dias do ciclo da cultura. Aos 115 dias após emergência, as plantas foram coletadas e divididas em raiz, parte aérea (caule e folhas) e frutos. Todo o material vegetal coletado foi lavado em solução de detergente a 3 mL  $\text{L}^{-1}$ , água corrente, solução de HCl a 0,1 mol  $\text{L}^{-1}$  e água deionizada, respectivamente. As amostras foram acondicionadas em sacos de papel e secos em estufa com circulação forçada de ar à temperatura de 65°C, por 72 horas. Após a secagem do material vegetal, procedeu-se a pesagem das amostras para obtenção da massa seca.

Os dados referentes a número de estruturas reprodutivas, massa seca da raiz, massa seca da parte aérea, massa seca da maçã, massa seca total da parte aérea, massa seca total, altura da maçã, diâmetro da maçã, espessura da casca da maçã e número de sementes por planta, foram submetidos à análise de variância, após os quais foram submetidos à análise de regressão múltipla pelo procedimento RSREG. As análises que apresentaram “ponto de sela” foram descartadas, sendo utilizados no modelo apenas os parâmetros cuja probabilidade de “t” foi menor que 0,05.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A produção de estruturas reprodutivas foi significativa no modelo a partir dos 84 DAE, sendo que as mesmas começaram a surgir aos 66 DAE; aos 84 DAE ocorreu pleno florescimento, aos 98 DAE surgiram às primeiras maçãs, aos 105 DAE completa formação de maçã e aos 115 DAE transição para abertura dos capulhos. O número de estruturas reprodutivas respondeu positivamente as concentrações de boro, zinco e aos dias após a emergência, com interação tripla entre as variáveis (Tabela 1), ficando evidente a ligação direta de ambos os nutrientes ao desenvolvimento da planta.

Aos 84 DAE o número de estruturas reprodutivas aumentou linearmente, respondendo apenas as concentrações de boro na solução (Figura 1a). Aos 98 DAE (Figura 1b), aos 105 DAE (Figura 3c) e aos 115 DAE (Figura 1d) observou-se efeito significativo das concentrações de boro e zinco. A interação entre B e Zn para produção de estruturas reprodutivas a partir dos 98 DAE, possivelmente ocorreu pela maior exigência da planta, em função do desenvolvimento reprodutivo de um dreno forte, o fruto. Quando observado a interação dos tratamentos B e Zn, o número de estrutura reprodutiva foi influenciado positivamente pelo aumento da concentração de B em  $0 \mu\text{M L}^{-1}$  de Zn e negativamente em  $8 \mu\text{M L}^{-1}$  de Zn. A explicação provável esta ligada ao metabolismo de ácido indol acético e sua relação com o ácido abscísico; ou a provável toxidez de Zn com o aumento dos teores de B na solução nutritiva, e neste caso o mecanismo seria pela acidificação do citosol radicular pela elevação da absorção de ácido bórico, que levaria a ativação dos sistema de estabilização do pH, com produção de malato. Este pode abastecer o ciclo de Krebs no citosol e liberar citrato, que facilita a translocação do Zn. Maior translocação leva à rápida toxidez de Zn à medida que os teores de B são aumentados na solução nutritiva.

Nos tratamentos com omissão de boro na solução nutritiva, a produção de estruturas reprodutivas foi inferior aos demais tratamentos, exceto onde houve combinação com as maiores doses de Zn. Rosolem et al. (1999), em solução nutritiva, relataram menor número de frutos em todas as cultivares de algodão estudadas no tratamento com menor nível de B. Rosolem e Bastos (1997), em casa de vegetação, utilizando a cultivar IAC 22, constataram que no tratamento sem B, as plantas não apresentaram estruturas reprodutivas, demonstrando a importância do B na formação das mesmas.

Na análise da Tabela 2, os valores de probabilidade mostram resposta significativa para produção de massa seca da maçã, massa seca total da parte aérea e massa seca total em função das concentrações de zinco na solução nutritiva, enquanto que as concentrações de boro influenciaram positivamente apenas a espessura da casca da maçã e a produção de sementes. As concentrações de zinco na solução nutritiva promoveram aumento quadrático significativo na produção de massa seca da

parte aérea, frutos e total, em que a máxima produção foi obtida na concentração de  $8 \mu\text{M L}^{-1}$  de Zn (Figura 2a, 2b e 2c). O aumento da massa seca está relacionado diretamente com o crescimento em decorrência da síntese de substâncias orgânicas e funcionamento da maquinaria enzimática.

A espessura da casca da maçã foi influenciada significativamente apenas as concentrações de boro na solução nutritiva (Tabela 2), apresentando aumento linear significativo com o aumento das concentrações de boro na solução nutritiva (Figura 3a).

A produção de sementes respondeu positivamente às concentrações de boro, zinco e a interação boro e zinco na solução nutritiva (Tabela 2 e Figura 3b). Quando observado o efeito isolado dos nutrientes, a produção de sementes respondeu de forma linear tanto as concentrações de B quanto à de Zn na solução nutritiva. Resultados semelhantes foram encontrados por Lima (2006) em que a produção de sementes de gergelim foi afetada significativamente pela interação entre boro e zinco.

## CONCLUSÃO

A espessura da casca da maçã de plantas de algodão é influenciada pelas concentrações de boro na solução nutritiva. O número de estruturas reprodutivas e a produção de sementes respondem significativamente as concentrações de boro, zinco e interação boro e zinco na solução nutritiva. A produção de massa seca total é influenciada pelas concentrações de zinco na solução nutritiva.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAKMAK, I.; ROMHEL, V. Boron deficiency-induced impairments of celular functions in plants. In: DELL B, ROWN, P. H.; BELL, R. W. (Ed..) Boron in soil and plants: review. **Symposium, Chiang Mai, reprinted Plant and Soil**, v. 193, p. 71-83, 1997.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. Londrina: Ed. Planta, 2006. 403 p.

LIMA, V. I. **Crescimento e produção de gergelim cv. G3 em função de zinco e boro**. 2006. 72f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)- Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Areia, PB.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Ed. Agronômica Ceres, 1980, 251p.

MENGEL, K.; KIRBY, A. **Principles of plant nutrition**. Bern, International Potash Institute, 1987. 687 p.

ROSOLEM, C. A.; COSTA, A. Respostas de cultivares de algodão ao boro em solução nutritiva. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 56, n. 4, p. 705- 711, 1999.

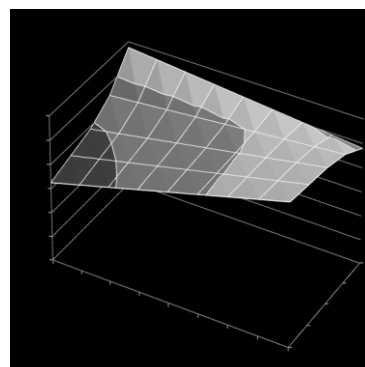
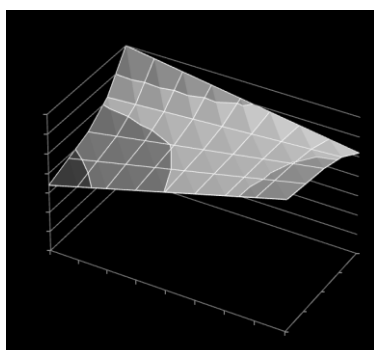
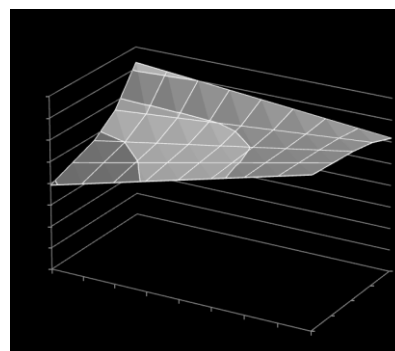
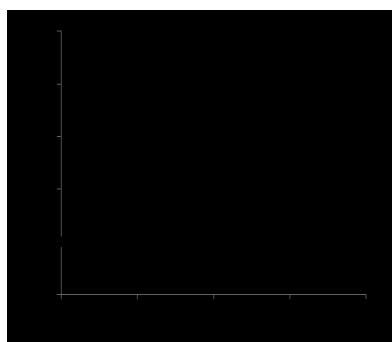
ROSOLEM, C.A.; BASTOS, G. B. Deficiências minerais no cultivar de algodão IAC 22. **Bragantia**, v. 56, p. 377-387, 1997.

**Tabela 1.** Valores de probabilidade ( $Pr > F$ ) e CV obtidos a partir do ajuste de regressão para número de estrutura reprodutiva de plantas de algodão em diferentes concentrações de boro e zinco na solução nutritiva.

| Parâmetros da regressão | $Pr > F$      |
|-------------------------|---------------|
| DAE                     | <b>0,0001</b> |
| B                       | <b>0,0088</b> |
| DAE x B                 | <b>0,0005</b> |
| Zn                      | <b>0,0041</b> |
| DAE x Zn                | <b>0,0004</b> |
| B x Zn                  | <b>0,0162</b> |
| DAE x B x Zn            | <b>0,0034</b> |
| CV(%)                   | 52,64         |

\*B: Boro; Zn: Zinco; DAE: Dias após a emergência; CV: Coeficiente de variação.

\* Negrito: probabilidade de "t" menor que 0,05.



**Figura 1.** Número de estruturas reprodutivas produzidas por plantas de algodão cv. FiberMax 910 aos 84 DAE (a), 98 DAE (b), 105 DAE (c) e 115 DAE (d) em função das concentrações de boro e zinco na solução nutritiva.

**Tabela 2.** Valores de Probabilidade ( $Pr > F$ ) e CV obtidos a partir do ajuste de regressão para massa seca da raiz (MSR), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da maçã (MSM), massa seca

total da parte aérea (MSTPA), massa seca total (MST), altura da maçã (ALTM), diâmetro da casca da maçã (DIAM), espessura da casca da maçã (ECM) e número de sementes por planta (NSP) em função das concentrações de boro e zinco na solução nutritiva.

| Parâmetros da regressão | Pr > F |       |              |              |              |       |       |              |              |
|-------------------------|--------|-------|--------------|--------------|--------------|-------|-------|--------------|--------------|
|                         | MSR    | MSPA  | MSM          | MSTPA        | MST          | ALTM  | DIAM  | ECM          | NSP          |
| B                       | 0,976  | 0,936 | 0,166        | 0,186        | 0,423        | 0,659 | 0,284 | <b>0,013</b> | <b>0,001</b> |
| Zn                      | 0,708  | 0,549 | <b>0,016</b> | <b>0,002</b> | <b>0,028</b> | 0,069 | 0,284 | 0,289        | <b>0,010</b> |
| B x B                   | 0,742  | 0,906 | 0,766        | 0,824        | 0,689        | 0,701 | 0,600 | <b>0,014</b> | <b>0,000</b> |
| B x Zn                  | 0,357  | 0,235 | 0,263        | 0,531        | 0,263        | 0,153 | 0,274 | 0,185        | <b>0,009</b> |
| Zn x Zn                 | 0,938  | 0,243 | <b>0,036</b> | <b>0,003</b> | <b>0,052</b> | 0,069 | 0,778 | 0,534        | 0,560        |
| CV (%)                  | 20,44  | 9,44  | 18,66        | 7,44         | 8,16         | 9,00  | 7,91  | 5,21         | 7,76         |

\*B: Boro; Zn: Zinco; CV: Coeficiente de variação.

\* Negrito: probabilidade de "t" menor que 0,05.

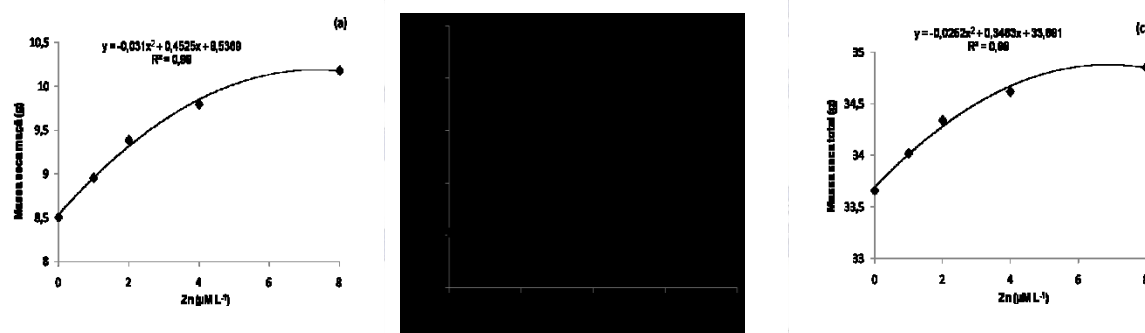


Figura 2. Massa seca das maçãs (a) (NOTA: mudar isso no título da figura), total da parte aérea (b) e total (c) de plantas de algodão cv. FiberMax 910 em função das concentrações de zinco na solução nutritiva.

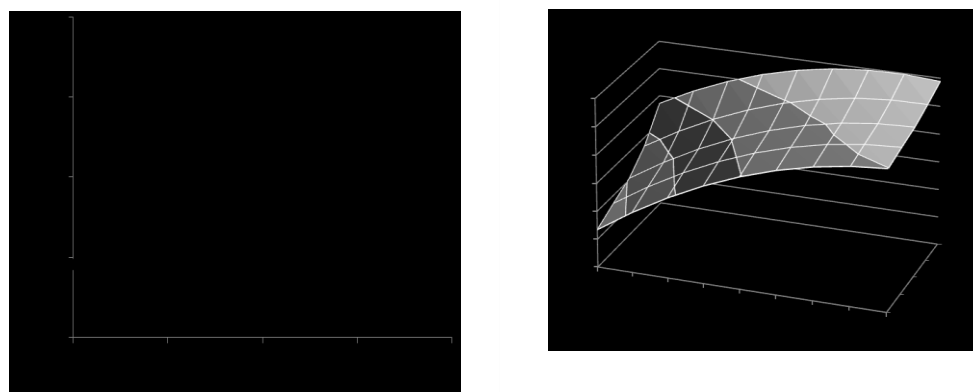


Figura 3. Espessura da casca da maçã e produção de sementes de algodão cv. FiberMax 910 em função das concentrações de boro e zinco na solução nutritiva.