

## AGRÁRIA

Revista Brasileira de Ciências Agrárias

ISSN (on line) 1981-0997

v.7, n.4, p.574-579, out.-dez., 2012

Recife, PE, UFRPE. www.agraria.ufrpe.br

DOI:10.5039/agraria.v7i4a1731

Protocolo 1731 - 14/08/2011 • Aprovado em 21/03/2012

Érica de O. Araújo<sup>1</sup>

Marcos A. C. da Silva<sup>2</sup>

# Efeito de doses de boro e zinco na absorção de nitrogênio e fósforo pelo algodoeiro em cultivo hidropônico

## RESUMO

Informações referentes ao efeito do suprimento de B e Zn sobre a concentração, absorção, transporte e utilização de outros nutrientes em plantas de algodão, ainda são muito limitadas. O presente trabalho objetivou avaliar o efeito das concentrações de B, Zn e a interação entre ambos no teor, conteúdo e eficiência de absorção, transporte e utilização de N e P pelo algodoeiro em cultivo hidropônico. 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 e após este período, receberam solução nutritiva modificada de acordo com o tratamento. Aos 115 dias após emergência as plantas foram coletadas, divididas em raiz, parte aérea e frutos, e submetidas à análise química. Os resultados permitiram concluir que o suprimento de B afetou positivamente o teor de nitrogênio na raiz do algodoeiro. O teor e o conteúdo de fósforo na parte aérea, raiz e maçã do algodoeiro, foram influenciados pelas concentrações de B. A presença de B diminuiu a eficiência de absorção e o transporte de fósforo.

**Palavras-chave:** eficiência nutricional, *Gossypium hirsutum* L., interação, macronutrientes, micronutrientes

## Effect of boron and zinc in uptake of nitrogen and phosphorus by cotton in hydroponic cultivation

## ABSTRACT

Information about the effect of supply of B and Zn on concentration, uptake, transport and utilization of other nutrients in cotton crop are still very limited. This study aimed to evaluate the effect of the concentration of B, Zn and their interaction on nutrient content, accumulation and the efficiency of uptake, transport and utilization of N and P by the cotton plant in hydroponic cultivation. The experimental design was completely randomized, with three replications, in a 4 x 5 factorial with four concentrations of boron (0, 20, 40 and 80  $\mu\text{M L}^{-1}$ ) and five concentrations of zinc (0, 1, 2, 4 and 8  $\mu\text{M L}^{-1}$ ). Cotton plants were cultivated in a greenhouse, with a complete nutrient solution for 28 days, after which received modified solution in accordance with the treatment. At 115 days after emergence, the plants were harvested, divided into root, shoot and fruit, and subjected to chemical analysis. The results showed that the supply of B affected positively the nitrogen content of roots of cotton. The content and accumulated P in the shoot, root and boll of the cotton crop are influenced by the concentration of B. The presence of B decreased efficiency of phosphorus uptake and transport of phosphorus.

**Key words:** nutritional efficiency, *Gossypium hirsutum* L., interaction, macronutrients, micronutrients

1 Universidade Federal da Grande Dourados, Faculdade de Ciências Agrárias, Rodovia Dourados/Itahum, Km 12, Cidade Universitária, CEP 79804-970, Dourados-MS, Brasil. Caixa Postal 533. Fone: (67) 3410-2357. E-mail: ericabb25@uol.com.br

2 Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Laboratório de Nutrição de Plantas, Rodovia Aquiaiana/Piraputanga, Km 12, CEP 79200-000, Aquidauana-MS, Brasil. Caixa Postal 25. Fone: (67) 3904-2937. E-mail: camachom@uemms.br

## INTRODUÇÃO

Muitas espécies, até mesmo variedades de plantas, diferem em suas respostas à disponibilidade de nutrientes no meio de cultivo, cujas causas residem nas diferenças de capacidade de absorção e de utilização dos nutrientes. Esses fatores estão associados a características morfológicas da planta, como comprimento, taxa de crescimento, área superficial de raízes tal bem como, também, a características fisiológicas ligadas à cinética de absorção e à eficiência no transporte e metabolização de nutrientes (Barber, 1984).

Para certo genótipo a eficiência nutricional é refletida na habilidade para produzir alto rendimento num solo que possui limitação de um ou mais nutrientes minerais em relação a um genótipo padrão (Graham, 1984). As variáveis consideradas nos processos fisiológicos que abrangem a eficiência nutricional, tais como absorção de um nutriente, seu transporte e utilização pela planta, sugerem controle genético da nutrição (Sacramento & Rosolem, 1998). A disponibilidade, absorção e distribuição de nutrientes nas plantas, são os fatores mais determinantes na formação e distribuição de matéria seca; por sua vez, afetam a sobrevivência, a competitividade das plantas e o rendimento das culturas (McDonald et al., 1996). O estado nutricional, acima de tudo de N e P, também influencia a produção e a distribuição de matéria seca entre os diferentes órgãos das plantas (Marschner et al., 1996).

A natureza essencial do B e do Zn para o crescimento e desenvolvimento da planta foi claramente demonstrada pois esses elementos participam em numerosos processos fisiológicos na planta. Cakmak & Romheld (1997) relataram que B está envolvido na síntese e na estrutura da parede celular, metabolismo de carboidratos, RNA, ácido indolacético (AIA), compostos fenólicos, ascorbato, germinação de grão de pólen e formação de sementes. No que se refere ao Zn, sua função básica está relacionada à atividade e composição enzimática, manutenção da integridade das membranas, síntese de proteínas, triptofano, AIA e à produção de sementes (Marschner, 1995).

Estudos revelaram que, curiosamente, B e Zn apresentam atividades comuns; entretanto, poucos estudos tratam a relação entre B e Zn e o restante dos nutrientes. Informações relativas ao efeito do suprimento de B e Zn sobre a concentração, absorção, transporte e utilização de outros nutrientes por plantas de algodão (*Gossypium hirsutum* L.) ainda são muito limitados. Assim, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito das concentrações de B e Zn e a interação entre ambos, no teor, conteúdo e eficiência de absorção, transporte e utilização de N e P pelo algodoeiro em cultivo hidropônico.

## MATERIAL E MÉTODOS

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 subúmido (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 e 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 de quartzo lavada e esterilizada. Sementes de algodão cv. FiberMax 910 foram postas a germinar em bandejas com areia umedecida. Cinco dias após a emergência, foram transplantadas, por ocasião do aparecimento da folhas cotiledonares, 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-se apenas uma planta em cada unidade experimental e se iniciou a aplicação da solução nutritiva, de acordo com o tratamento, sendo realizadas irrigações três vezes ao dia, 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  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  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  $\text{H}_2\text{MoO}_4$  (85%  $\text{MoO}_3$ ) 0,0005 mol  $\text{L}^{-1}$ .

Aos 115 dias após emergência as plantas foram coletadas e divididas em raiz, parte aérea (caule e folhas) e frutos (maçã). 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 secadas em estufa com circulação forçada de ar à temperatura de 65°C, por 72 horas. Após a secagem do material vegetal procedeu-se à moagem da massa seca, em moinho tipo Wiley (peneira com diâmetro de malha de 1 mm) sendo as amostras moídas acondicionados em sacos plásticos, submetidas a digestão sulfúrica e nitro-perclórica, seguida da determinação do teor e conteúdo de nitrogênio e fósforo nas diferentes partes da planta utilizando-se a metodologia descrita em Malavolta et al. (1997). Calcularam-se as eficiências de absorção (conteúdo total de nutriente na planta (mg)/massa seca das raízes (g)); eficiência de transporte (conteúdo de nutriente na parte aérea (mg)/conteúdo total de nutriente na planta (mg) x 100) e eficiência de utilização ((matéria seca total produzida (g))<sup>2</sup>/conteúdo total de nutrientes na planta (mg)) para nitrogênio e fósforo.

Os dados foram submetidos à análise de variância, após o que foram submetidos à análise de regressão múltipla com auxílio do pacote estatístico SAS®, 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.

**Tabela 1.** Valores de F e CV obtidos a partir do ajuste de regressão para teor de N na parte aérea (TNPA), raiz (TNR) e maçã (TNM), conteúdo de N na parte aérea (CNPA), raiz (CNR) e maçã (CNM), eficiência de absorção de N (EAN), eficiência de transporte de N (ETN), eficiência de utilização de N, teor de P na parte aérea (TPPA), raiz (TPR) e maçã (TPM), conteúdo de P na parte aérea (CPPA), raiz (CPR) e maçã (CPM), eficiência de absorção de P (EAP), transporte de P (ETP) e utilização do P (EUP) pelo algodoeiro em resposta às concentrações de boro e zinco na solução nutritiva

**Table 1.** Values of F and CV obtained from the regression adjustment of N content in shoot (TNPA), root (TNR) and boll (TNM), N accumulated in shoot (CNPA), root (CNR) and boll (CNM), efficiency of uptake of N (EAN), efficiency of transport of N (ETN), efficiency of utilization of N (EUN), P content in shoot (TPPA), root (TPR) and boll (TPM), P accumulated in shoot (CPPA), root (CPR) and boll (CPM), efficiency of uptake of P (EAP), efficiency of transport of P (ETP), efficiency of utilization of P (EUP) by the cotton crop in response to boron and zinc concentration in the nutrient solution

Fonte de variação	Pr > F									
	TNPA	TNR	TNM	CNPA	CNR	CNM	EAN	ETN	EUN	
B	0,7992	0,0384*	0,7356	0,9760	0,6704	0,2461	0,4776	0,3481	0,3239	
Zn	0,5212	0,8762	0,0983	0,3398	0,8768	0,2093	0,2178	0,2034	0,1466	
B x Zn	0,2659	0,6041	0,4249	0,0797	0,5800	0,2327	0,5853	0,6519	0,1766	
CV (%)	6,23	7,49	5,84	10,07	21,57	19,62	15,91	6,17	10,31	
	TPPA	TPR	TPM	CPPA	CPR	CPM	EAP	ETP	EUP	
B	0,0001*	0,0127*	0,0001*	0,0001*	0,0399*	0,0031*	0,0001*	0,0057*	0,0001*	
Zn	0,2455	0,6382	0,6526	0,2874	0,3680	0,0775	0,4382	0,0541	0,1756	
B x Zn	0,0827	0,4948	0,9311	0,3310	0,1937	0,4857	0,1516	0,1024	0,3207	
CV (%)	30,37	29,95	23,33	29,24	34,87	30,41	25,82	14,97	30,86	

B: Boro; Zn: Zinco; CV: Coeficiente de variação

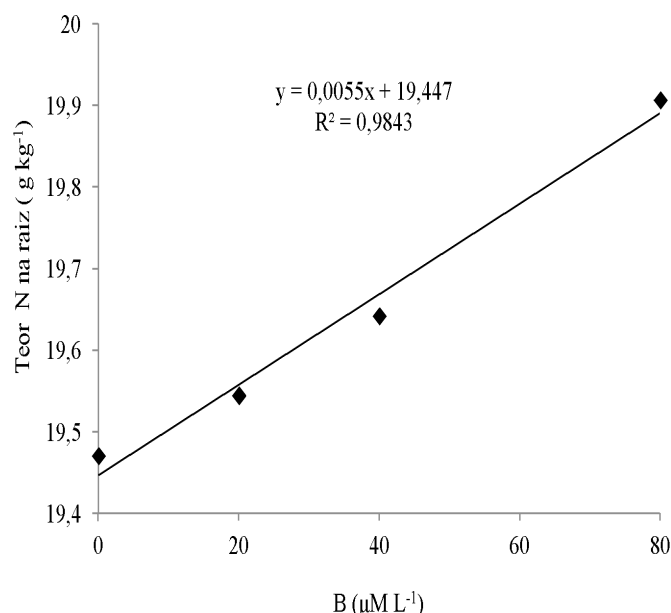
\* probabilidade de "t" menor que 0,05

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A interação entre os tratamentos B e Zn não foi observada para nenhuma das variáveis estudadas. Houve resposta significativa das concentrações de boro para teor de nitrogênio na raiz, teor de fósforo na parte aérea, teor de fósforo na raiz, teor de fósforo na maçã, conteúdo de fósforo na parte aérea, conteúdo de fósforo na raiz, conteúdo de fósforo na maçã, eficiência de absorção de fósforo, eficiência de transporte de fósforo e eficiência de utilização de fósforo (Tabela 1). As concentrações de B e/ou Zn na solução nutritiva não afetaram o teor de N na parte aérea e frutos, o conteúdo de N na parte aérea, raiz e frutos, nem as eficiências de absorção, transporte e utilização de N pelo algodoeiro (Tabela 1).

As concentrações de B na solução nutritiva exerceram efeito linear positivo e significativo ( $p < 0,05$ ) no teor de nitrogênio na raiz do algodoeiro (Figura 1). Este efeito é um sinergismo pois a maior concentração de B na solução proporcionou maior quantidade de N nas raízes. Este mesmo fenômeno também foi relatado para cultura do tabaco, em que o teor de N nas raízes aumentou quase 100%, comparando-se às concentrações mais baixa e mais elevada de B na solução nutritiva (López-Lefebvre et al., 2002a). Mozafar (1989) observou, trabalhando com milho híbrido, maiores teores de N nas raízes, atingindo um aumento de quase 30% entre as concentrações de 0,01 e 0,021  $\mu\text{M L}^{-1}$  de B. Ruiz et al. (1998) indicaram efeito positivo do B no metabolismo de N, que pode resultar em uma influência direta e positiva do B na síntese de proteínas e enzimas. López-Lefebvre et al. (2002a,b) verificaram que o suprimento de B estimula a assimilação e utilização do N por plantas de tabaco e que, além disto, a alta taxa de assimilação ocasionou um progressivo acúmulo de aminoácidos e proteínas e impulsionou a produção de matéria seca.

As concentrações de B na solução exerceram efeito linear negativo e significativo ( $p < 0,05$ ) no teor de P na parte aérea e frutos do algodoeiro (Figura 2a e 2c). Com a maior concentração de B (80  $\mu\text{M L}^{-1}$ ) os teores de P na parte aérea e nos frutos foram menores quando comparados com tratamentos que não receberam a aplicação do elemento e com

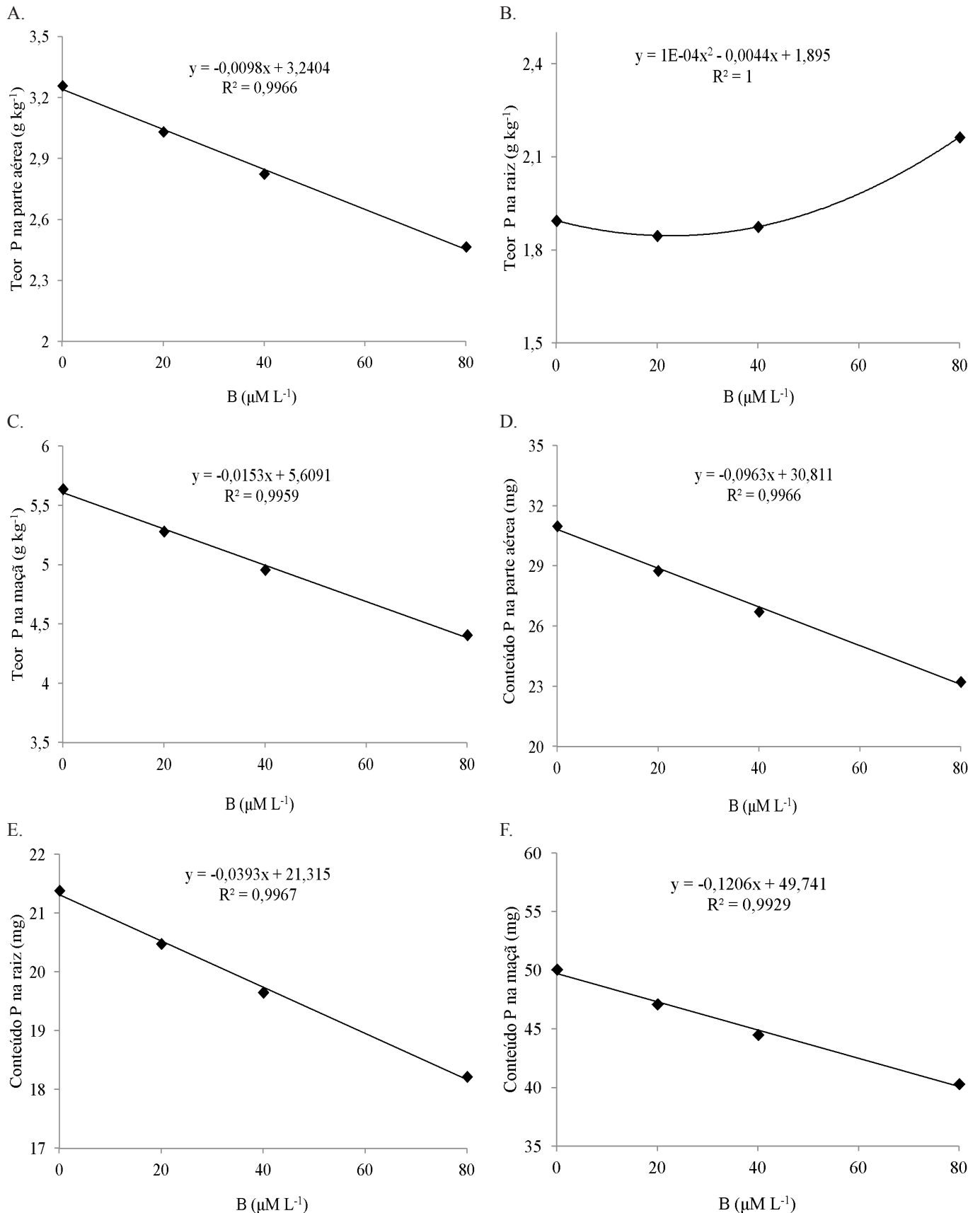


**Figura 1.** Teor de nitrogênio na raiz do algodoeiro em resposta às concentrações de boro na solução nutritiva

**Figure 1.** N content in root of cotton in response to boron concentration in the nutrient solution

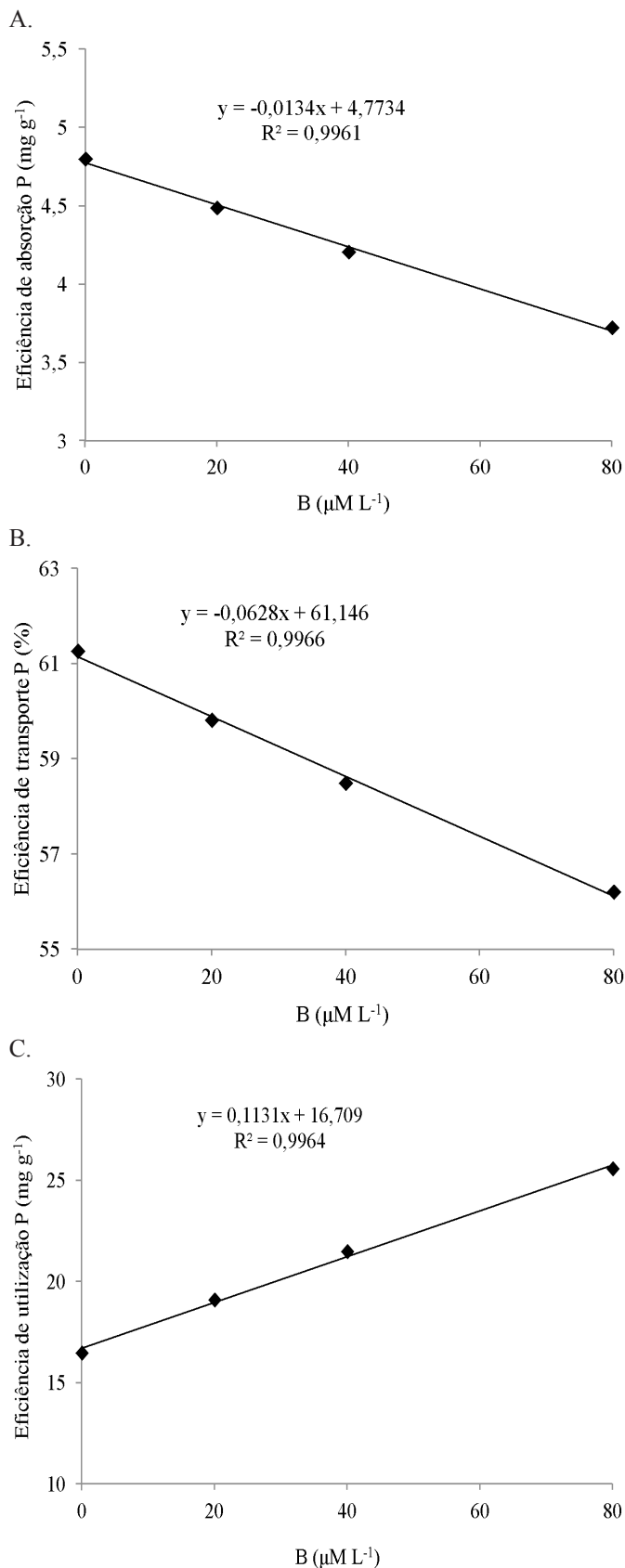
a aplicação de dose intermediária de 20  $\mu\text{M L}^{-1}$ . O teor de P na raiz apresentou comportamento quadrático, sendo que a menor concentração ocorreu na dose de 20  $\mu\text{M L}^{-1}$  de B (Figura 2b). Esses resultados são semelhantes aos encontrados por López-Lefebvre et al. (2002b) para a cultura do tabaco, Esringu et al. (2011) para a cultura do morango e por Dursun et al. (2010) para as culturas do tomate, pepino e pimenta.

O conteúdo de P na parte aérea, raiz e frutos do algodoeiro, diminuíram linearmente com o aumento das concentrações de B (Figura 2d, 2e e 2f). As maiores concentrações de B na solução proporcionaram menor absorção e transporte de P pelas plantas de algodão (Figura 3a e 3b). Ziaeyana & Rajaie (2009) também verificaram redução no acúmulo de P nas folhas de milho, em função do suprimento crescente de B, o que pode



**Figura 2.** Teor de fósforo na parte aérea (a), raiz (b) e maçã (c), conteúdo de fósforo na parte aérea (d), raiz (e) e maçã (f) do algodoeiro em resposta às concentrações de boro na solução nutritiva

**Figure 2.** P content in the shoot (a), root (b) and boll (c), P accumulated in the shoot (d), root (e) and boll (f) of cotton plant in response to boron concentration in the nutrient solution



**Figura 3.** Eficiência de absorção (a), transporte (b) e utilização (c) do P pelo algodoeiro, em função de doses de B na solução nutritiva

**Figure 3.** Efficiency of uptake (a), transport (b) and utilization (c) of phosphorus by cotton crop in response to boron concentration in the nutrient solution

estar associado ao efeito de diluição. Resultados contrários foram observados por Rajaie et al. (2009) na cultura do limão e por Hosseini et al. (2007) na cultura do milho, em que os incrementos de B na solução aumentaram significativamente o acúmulo de P nas folhas.

As eficiências de P (absorção, transporte e utilização - EAP, ETP e EUP) responderam às concentrações de B na solução nutritiva (Tabela 1). A EAP e ETP pelo algodoeiro diminuíram linearmente à medida em que a concentração do nutriente foi aumentada na solução nutritiva (Figura 3a e 3b). Na ausência de B o algodoeiro foi mais eficiente na absorção e no transporte do P para a parte aérea, do que na maior concentração de B. Resultados inversos foram obtidos por Rajaie et al. (2009) para a cultura do limão, em que a combinação entre B e Zn proporcionou alta absorção de fósforo sugerindo que a interação entre B e Zn ajudou a manter o equilíbrio do estado nutricional.

A EUP foi influenciada positivamente pelo aumento das concentrações de B na solução nutritiva. A eficiência de utilização do P oscilou entre 16,48- 25,59 miligrama de nutriente absorvido, caracterizando um importante diferencial que deve ser considerado na avaliação nutricional pois, mesmo que diferentes espécies vegetais apresentem capacidade similar na absorção de determinado nutriente, pode ocorrer grande diferença entre elas na produção de massa seca, resultante de diferenças na eficiência de utilização desses elementos.

## CONCLUSÃO

O suprimento de B afetou positivamente o teor de nitrogênio na raiz do algodoeiro. O teor e o conteúdo de fósforo na parte aérea, raiz e maçã do algodoeiro, foram influenciados pelas concentrações de B. A presença de B diminuiu a eficiência de absorção e o transporte de fósforo.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul e à CAPES, pela disponibilização de recursos e bolsa de mestrado ao primeiro autor.

## LITERATURA CITADA

- Barber, S. A. Soil nutrient bioavailability. A mechanistic approach. New York: Wiley-Interscience, 1984. 398p.
- Cakmak, I.; Romhel, V. Boron deficiency-induced impairments of cellular functions in plants. *Plant and Soil*, v.193, n.1-2, p.71-83, 1997. <<http://www.springerlink.com/content/j0600x8818v81x04>>. 12 Jul. 2011. doi:10.1023/A:1004259808322.
- Dursun, A.; Turan, M.; Ekinçi, M.; Gunes, A.; Ataoglu, N.; Esringu, A.; Yildirim, E. Effects of boron fertilizer on tomato, pepper and cucumber yields and chemical composition. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, v.41, n.13, p. 1576-1593, 2010. <<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00103624.2010.485238#preview>>. 22 Jun. 2011. doi:10.1080/00103624.2010.485238.

- Epstein, E.; Bloom, A. J. Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas. Londrina: Editora Planta, 2006. 403p.
- Esringu, A.; Turan, M.; Gunes, A.; Esitken, A.; Sambo, P. Boron application improves on yield and chemical composition of strawberry. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B - Plant Soil Science*, v.61, n.3, p.1651-1913, 2011. <<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09064711003776867#preview>>. 17 Jun. 2011. doi:10.1080/09064711003776867.
- Graham, R. D. Breeding for nutritional characteristics in cereals. In: Tinker, P.B.; Lauchli, A. (Eds.). *Advances in plant nutrition*. New York: Praeger Scientific, v.1, p.57-102, 1984.
- Hosseini, S. M.; Maftoun, M.; Karimian, N.; Rounaghi, A.; Eman, Y. Effect of zinc  $\times$  boron interaction on plant growth and tissue nutrient concentration of corn. *Journal of Plant Nutrition*, v.30, n.5, p.773-781, 2007. <<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01904160701289974#preview>>. 08 Jul. 2011. doi:10.1080/01904160701289974.
- López-Lefebvre, L. R.; Rivero, R. M.; Garcia, P. C.; Sanchez, E.; Ruiz, J. M.; Romero, L. Boron effect on mineral nutrients of tobacco. *Journal of Plant Nutrition*, v.25, n.3, p.509-522, 2002a.
- López-Lefebvre, L. R.; Ruiz, J. M.; Rivero, L. R.; Garcia, P. C.; Sanchez, E.; Romero, L. Supplemental boron stimulates ammonium assimilation in leaves of tobacco plants (*Nicotiana tabacum* L.). *Plant Growth Regulation*, v.36, n.3, p.231-236, 2002b. <<http://www.springerlink.com/content/lcpmqe9gvn4vxlxf>>. 10 Jun. 2011. DOI: 10.1023/A:1016550901544.
- Malavolta, E.; Vitti, C. G.; Oliveira, S. A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319p.
- Marschner, H. Mineral nutrition of higher plants. London: Academic Press, 1995. 889p.
- Marschner, H.; Kirby, A.; Cakmak, I. Effect of mineral nutritional status on shoot-root partitioning of photoassimilates and cycling of mineral nutrients. *Journal of Experimental Botany*, v.47, special issue, p.1255-1263, 1996. <[http://jxb.oxfordjournals.org/content/47/Special\\_Issue/1255.full.pdf](http://jxb.oxfordjournals.org/content/47/Special_Issue/1255.full.pdf)>. 15 Jul. 2011. doi:10.1093/jxb/47.Special\_Issue.1255.
- McDonald, A. J. S.; Ericsson, T.; Larsson, C. Plant Nutrition, dry matter gain and partitioning at the whole-plant level. *Journal of Experimental Botany*, v.47, special issue, p.1245-1253, 1996. <[http://jxb.oxfordjournals.org/content/47/Special\\_Issue/1245.full.pdf](http://jxb.oxfordjournals.org/content/47/Special_Issue/1245.full.pdf)>. 15 Jul. 2011. doi:10.1093/jxb/47.Special\_Issue.1245.
- Mozafar, A. Boron effect on mineral nutrition of maize. *Agronomy Journal*, Madison, v.81, p.285-290, 1989. <<https://www.agronomy.org/publications/aj/abstracts/81/2/AJ0810020285>>. 11 Jul. 2011. doi:10.2134/agronj1989.00021962008100020029x.
- Rajaie, M.; Ejraie, A. K.; Owliaie, H. R.; Tavakoli, I. Effect of zinc and boron interaction on growth and mineral composition of lemon seedlings in a calcareous soil. *International Journal of Plant Production*, v.3, n.1, p.39-50, 2009. <[http://ijpp.gau.ac.ir/?\\_action=articleInfo&article=630](http://ijpp.gau.ac.ir/?_action=articleInfo&article=630)>. 12 Jun. 2011.
- Ruiz, J. M.; Baghour, M.; Bretones, G.; Belahir, A.; Romero, L. Nitrogen metabolism in tobacco plants (*Nicotiana tabacum* L.): role of boron as a possible regulatory factor. *International Journal of Experimental Botany*, v.159, n.1, p.121-126, 1998. <<http://www.jstor.org/stable/2474943>>. 18 Jul. 2011.
- Sacramento, L. V. S.; Rosolem, C. A. Eficiência de absorção e utilização de potássio por plantas de soja em solução nutritiva. *Bragantia*, v.57, n.2, p.355-365, 1998. <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0006-87051998000200017&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0006-87051998000200017&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt)>. 07 Jul. 2011. doi:10.1590/S0006-87051998000200017.
- Ziaeyana, A. H.; Rajaie, M. Combines effect of zinc and boron on yield and nutrients accumulation in corn. *International Journal of Plant Production*, v.3, n.3, p.35-44, 2009. <[http://ijpp.gau.ac.ir/?\\_action=articleInfo&article=650](http://ijpp.gau.ac.ir/?_action=articleInfo&article=650)>. 12 Ju. 2011.>. 15 Jul. 2011. doi:10.1093/jxb/47.Special\_Issue.1245.
- Mozafar, A. Boron effect on mineral nutrition of maize. *Agronomy Journal*, Madison, v.81, p.285-290, 1989. <<https://www.agronomy.org/publications/aj/abstracts/81/2/AJ0810020285>>. 11 Jul. 2011. doi:10.2134/agronj1989.00021962008100020029x.
- Rajaie, M.; Ejraie, A. K.; Owliaie, H. R.; Tavakoli, I. Effect of zinc and boron interaction on growth and mineral composition of lemon seedlings in a calcareous soil. *International Journal of Plant Production*, v.3, n.1, p.39-50, 2009. <[http://ijpp.gau.ac.ir/?\\_action=articleInfo&article=630](http://ijpp.gau.ac.ir/?_action=articleInfo&article=630)>. 12 Jun. 2011.
- Ruiz, J. M.; Baghour, M.; Bretones, G.; Belahir, A.; Romero, L. Nitrogen metabolism in tobacco plants (*Nicotiana tabacum* L.): role of boron as a possible regulatory factor. *International Journal of Experimental Botany*, v.159, n.1, p.121-126, 1998. <<http://www.jstor.org/stable/2474943>>. 18 Jul. 2011.
- Sacramento, L. V. S.; Rosolem, C. A. Eficiência de absorção e utilização de potássio por plantas de soja em solução nutritiva. *Bragantia*, v.57, n.2, p.355-365, 1998. <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0006-87051998000200017&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0006-87051998000200017&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt)>. 07 Jul. 2011. doi:10.1590/S0006-87051998000200017.
- Ziaeyana, A. H.; Rajaie, M. Combines effect of zinc and boron on yield and nutrients accumulation in corn. *International Journal of Plant Production*, v.3, n.3, p.35-44, 2009. <[http://ijpp.gau.ac.ir/?\\_action=articleInfo&article=650](http://ijpp.gau.ac.ir/?_action=articleInfo&article=650)>. 12 Ju. 2011.