

Boro

Nº 7

EDIÇÃO EM PORTUGUÊS

Nos últimos 80 anos, centenas de estudos documentaram o papel fundamental do boro (B) em culturas agrícolas no mundo todo. Assim, foram registradas respostas à adubação em solos de diferentes regiões do mundo. A alfafa frequentemente responde à adubação com este nutriente, assim como grande número de frutas, hortaliças e culturas em geral.

Boro nas plantas

A essencialidade do B para as plantas superiores foi reconhecida em 1923. Este nutriente também é considerado fundamental para samambaias e algumas algas.

O B exerce seu papel principal nas ligações químicas entre os polissacarídeos para dar estrutura às paredes celulares. Este nutriente também desempenha papéis na formação de complexos com açúcares para a translocação dentro das plantas e na formação de proteínas. A função da membrana celular, a formação dos nódulos, a floração e o desenvolvimento de frutos e sementes dependem do adequado fornecimento de B. A deficiência deste nutriente pode reduzir tanto a produtividade quanto a qualidade das culturas. O início da floração e o desenvolvimento do pólen também necessitam de quantidades adequadas de B.

Boro nos solos

A concentração total de B em solos agricultáveis varia de 1 a 467 mg/kg. As formas disponíveis, $B(OH)_3$ e $B(OH)_4^-$, são geralmente móveis na solução do solo, mas podem ser adsorvidas aos constituintes do solo, incluindo hidróxidos de ferro (Fe) e alumínio (Al), partículas de argila e matéria orgânica. Vários fatores influenciam a disponibilidade de B no solo:

Matéria orgânica: é o mais importante reservatório de B no solo. Em clima quente e seco, há diminuição da decomposição da matéria orgânica no horizonte superficial do solo, onde se encontra a maior parte deste nutriente. Isso pode levar à deficiência de B. Em clima frio, a decomposição da matéria orgânica também é diminuída, e a baixa liberação de B afeta as brássicas (couve-de-bruxelas, rabanetes) e outras espécies.

Condições climáticas: clima seco e frio restringe a atividade radicular na superfície do solo e pode causar carências temporárias de B. Os sintomas de deficiência podem desaparecer assim que a superfície do solo receber as chuvas.

O crescimento radicular é retomado, mas a produtividade potencial geralmente diminui em decorrência da carência temporária de B.

pH do solo: a disponibilidade de B para as plantas é maior entre pH 5,0 e 7,5. Em valores abaixo ou acima desses, a absorção deste nutriente é reduzida. Em locais onde a calagem é necessária, deve-se dispor de métodos adequados para manter o pH do solo na faixa ideal visando a adequada nutrição com B e outros nutrientes das plantas. O efeito do pH do solo sobre a disponibilidade de B pode ser claramente visualizado na **Figura 1**.

Textura do solo: solos arenosos, que são compostos em grande parte de quartzo, tipicamente têm baixos teores de minerais que contêm B. As plantas que crescem em tais solos comumente apresentam deficiências deste nutriente.

Lixiviação: o B disponível para as plantas é móvel no solo e sujeito à lixiviação. A lixiviação de B da zona radicular causa grande preocupação em solos arenosos e/ou em áreas com alta precipitação pluviométrica.

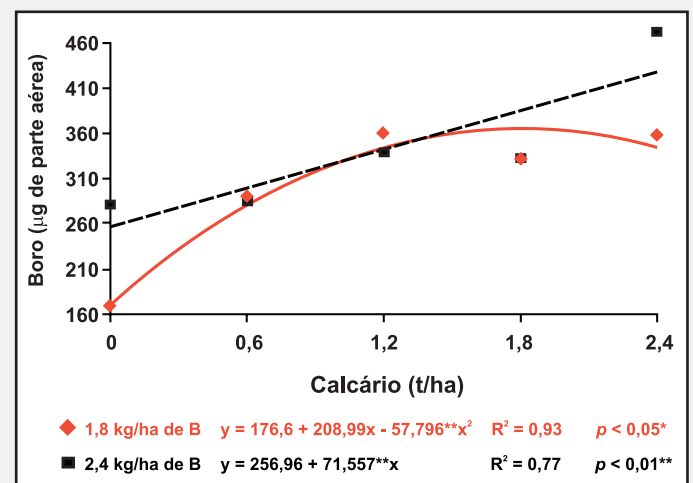


Figura 1. Acúmulo de boro na parte aérea de plantas de feijoeiro como resposta à aplicação de doses de calcário e boro.

Fonte: Souza e outros (2011, p. 255).

Adubação com boro

É importante que os fertilizantes contendo B sejam adequadamente aplicados por causa da pequena variação entre deficiência e toxicidade.



FOTO RONALDO L.V.A. SILVEIRA, RR AGRIFLORESTAL.

Seca do ponteiro em *Eucalyptus grandis*.

Para o diagnóstico da necessidade de adubação com B, devem ser considerados os fatores citados anteriormente para controlar sua disponibilidade no solo. As análises do solo e da planta e os sintomas visuais geralmente são muito úteis como ferramentas diagnósticas da necessidade de aplicação deste nutriente.

Os fertilizantes contendo B podem ser aplicados ao solo a lanço ou em faixas, ou mesmo

aplicados via foliar na forma líquida. A aplicação a lanço necessita maiores taxas do que em faixas ou foliar. As taxas de aplicação ao solo para culturas responsivas podem ser de 3 kg/ha de B, enquanto para culturas com respostas baixa e média, de 0,5 a 1,0 kg/ha (Tabela 1). Formas comuns de fertilizantes contendo B são mostradas na Tabela 2. As formas solúveis são geralmente preferidas, exceto em solos arenosos, nos quais as formas menos solúveis são menos suscetíveis à lixiviação.

Tabela 1. Responsividade das culturas a boro.

Muito responsivas	Medianamente responsivas	Pouco responsivas
Aipo	Alface	Cebola
Alfafa	Brócolis	Centeio
Algodão	Cacau	Cevada
Alho	Cenoura	Citros
Amendoim	Colza	Feijões
Batata	Espinafre	Frutíferas de baga
Beterraba	Mamão	Gramíneas forrageiras
Café	Milho	Pepino
Couve	Rabanete	Soja
Eucalipto	Repolho	
Girassol	Tomate	
Maçã	Trigo	
Nabo	Uva	

Tabela 2. Formas comuns de fertilizantes contendo boro.

Fonte	Fórmula	B (%)
Bórax	$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	11
Ácido bórico	$\text{B}(\text{OH})_3$	17
Pentaborato de sódio	$\text{Na}_2\text{B}_{10}\text{O}_{16} \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	18
Ulexita	$\text{Na}_2\text{CaB}_5\text{O}_{13} \cdot 8\text{H}_2\text{O}$	8–15
Solubor®	$\text{Na}_2\text{B}_8\text{O}_{13} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	20–21
Colemanita	$\text{Ca}_2\text{B}_6\text{O}_{11} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	10

Solubor® marca registrada de U.S. Borax Inc.

Tabela 3. Produtividade de algumas culturas em resposta à aplicação de fertilizante contendo boro.

Cultura	Fonte	Taxa	Época	Aplicação	Resposta em produtividade (%)	Referência
Soja	$\text{Na}_2\text{B}_8\text{O}_{13} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	0,275–1,1 kg/ha	V2 ou R2	Foliar	0–130	Ross e outros (2006)
Alfafa semente	$\text{Na}_2\text{B}_8\text{O}_{13} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	0,450–1,25 kg/ha	Após primeiro corte	Foliar	37	Dordas (2006)
Alfafa forrageira	$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	3,4–4,5 kg/ha	Anual	Solo	46–62	Haby e outros (1998)
Cereja azeda	$\text{Na}_2\text{B}_8\text{O}_{13} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	500 mg/L	Set-out	Foliar	0–100	Hanson (1991)

Sintomas de deficiência de boro

Embora o B seja móvel no solo, sua mobilidade dentro da planta varia entre espécies. As deficiências de boro tendem a aparecer nas folhas mais jovens ou nos pontos de crescimento. Em certas espécies (tais como maçãs e amêndoas), o B é móvel e se move através de toda a planta.

Os seguintes sintomas de deficiência de B ocorrem em culturas específicas:

Algodão: os pecíolos das folhas apresentam anéis ou faixas, com morte progressiva do meristema apical, causando efeito de roseta na parte superior da planta, os botões florais se rompem e as folhas ficam verdes e espessas, permanecendo verdes até o inverno, sendo difíceis de desfolhar.

Amendoim: coração oco.

Caná-de-açúcar: estrias cloróticas e aquosas no espaço internerval de folhas jovens, evoluindo para necrose e crescimento irregular do limbo foliar causando enrugamento.

Eucalipto: clorose e manchas necróticas nas folhas, morte dos ponteiros, fendilhamento da casca e exsudação de goma.

Maçã: os frutos são pequenos, achatados ou deformados, com cortiça na parte interna, rachaduras e rugosidades, ocorre morte do meristema apical, as folhas ficam quebradiças e as flores secam.

Milho: aparecimento de listas longitudinais estreitas de coloração branca a transparente nas folhas, produção de múltiplas espigas, mas pequenas e anormais, com cabelos muito curtos, os pendões são pequenos e alguns deles emergem mortos, e as anteras são pequenas, enrugadas e desprovidas de pólen.

Soja: clorose internerval nas folhas jovens e pontas curvadas para baixo, morte dos ponteiros, inibição do florescimento e paralisação do crescimento radicular.

Tomate: frutos com lóculo aberto, coloração castanha em seu interior e amadurecimento irregular.

Sintomas de toxicidade de boro

O acúmulo tóxico de B ocorre em muitas regiões áridas. A adição de quantidades extras de água de irrigação lixiviara o B solúvel para uma região abaixo da zona radicular. Os sintomas de toxicidade deste nutriente aparecem primeiro nas bordas e pontas das folhas mais velhas.

Resposta das culturas a boro

As culturas apresentam variação significativa em sua responsividade a este nutriente (Tabelas 1 e 3). A maioria das leguminosas, assim como vários frutos e hortaliças, são altamente responsivos a B. Outras hortaliças mostraram respostas um pouco menores. Os grãos e as gramíneas são geralmente menos responsivos a este nutriente. As culturas também apresentam variação em sensibilidade ao excesso de B, e aquelas com altas necessidades nem sempre têm tolerância alta. Por exemplo, alfafa e repolho são apenas semitolerantes a altos níveis de B.

Referências

- ROSS, J. R.; SLATON, N. A.; BRYE, K. R.; DELONG, R. E. Boron fertilization influences on soybean yield and leaf and seed boron concentrations. *Agronomy Journal*, Madison, v. 98, no. 1, p. 198–205, 2006. doi: 10.2134/agronj2005-0131
- DORDAS, C. Foliar boron application improves seed set, seed yield, and seed quality of alfalfa. *Agronomy Journal*, Madison, v. 98, no. 4, p. 907–913, 2006. doi: 10.2134/agronj2005.0353
- HABY, V.; DAVIS, J. V.; LEONARD, A. Alfalfa response to boron at variable soil pH on coastal plain soils. *Better Crops with Plant Food*, Atlanta, v. 82, no. 1, p. 22–23, 1998.
- HANSON, E. J. Sour cherry trees respond to foliar boron applications. *HortScience*, Virginia, v. 26, no. 9, p. 1142–1145, 1991.
- SOUZA, H. A.; NATALE, W.; ROZANE, D. E.; HERNANDES, A.; ROMUALDO, L. M. Calagem e adubação boratada na produção de feijoeiro. *Revista Ciência Agronômica*, Fortaleza, v. 42, n. 2, p. 249–257, 2011.

Leitura adicional

- BROWN, P. H.; BELLALLOUI, N.; WIMMER, M. A.; BASSIL, E. S.; RUIZ, J.; HU, H.; PFEFFER, H.; DANDEL, F.; RÖMHELD, V. Boron in plant biology. *Plant Biology*, Stuttgart, v. 4, no. 2, p. 205–223, 2002.