

FONTES E MODOS DE APLICAÇÃO DE BORO NO ALGODOEIRO HERBÁCEO

Napoleão Esberard de Macêdo Beltrão

Pesquisador da EMBRAPA Algodão, Campina Grande-PB, CEP:58428-095.e-mail:napoleao@cnpa.embrapa.br

Leandro Silva do Vale

Doutorando em Agronomia. Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências Agrárias, Areia-PB, CEP:58397-000.
e-mail: leandroferligran@hotmail.com

Luciano Façanha Marques

Doutorando em Agronomia. Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências Agrárias, Areia-PB, CEP:58397-000.
e-mail: lucifm@hotmail.com

Gleibson Dionizio Cardoso

Doutor em Fitotecnia/EMBRAPA Algodão, Campina Grande-PB, CEP:58428-095.e-mail:glebson@cnpa.embrapa.br

Fabiola Vanessa. de França Silva

Mestranda em Agronomia. Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências Agrárias, Areia-PB, CEP:58397-000.
e-mail: favanessa@ig.com.br

RESUMO - Com o aumento progressivo da produtividade do algodoeiro herbáceo (*Gossypium hirsutum* L. *raça latifolium* Hutch.) em algumas regiões do País, resultante do uso intensivo de técnicas agrícolas modernas, vem ocasionando a crescente exportação de macro e micronutrientes do solo; entretanto, a retirada sucessiva de macronutrientes pelo algodoeiro vem sendo compensada com uso freqüente de adubações, enquanto para os micronutrientes exigidos em menor quantidade, não se tem reposições adequadas podendo muitas vezes tornar-se limitantes para a planta. Sendo, o boro um dos oito micronutrientes essenciais para o crescimento e desenvolvimento das plantas, sua deficiência no solo tem provocado queda de produtividade em muitas culturas, dentre elas o algodoeiro, em diversas regiões agrícolas do mundo, tanto em regime de sequeiro, dependente das chuvas como em regime irrigado. Por outro lado, o uso indiscriminado de adubos contendo este micronutriente pode prejudicar mais do que auxiliar na produtividade do algodoeiro; Face à sua importância neste artigo, tenta-se discutir as diversas fontes e modos de aplicação do boro, a ser utilizado nesta cultura de grande importância para a economia brasileira.

Palavras-chave: adubação boratada, manejo da adubação, *Gossypium hirsutum* L.

FUENTES Y MÉTODOS DE USO EN BORO LAS TIERRAS ALTAS DE ALGODÓN

RESUMEN - Con el aumento progresivo en la producción de algodón (*Gossypium hirsutum* L. *latifolium* carrera Hutch.) En algunas regiones, como resultado del uso intensivo de las técnicas agrícolas modernas, ha provocado la creciente exportación de macro y micronutrientes de los suelos, sin embargo, la eliminación sucesiva de los nutrientes por las plantas de algodón se ha visto compensado con el uso frecuente de fertilizantes, mientras que para los micronutrientes necesarios en cantidades más pequeñas, no hay sustituto adecuado a menudo puede llegar a ser limitante para la planta. Dado que el boro de los ocho micronutrientes esenciales para el crecimiento y desarrollo de las plantas, su discapacidad ha causado la disminución de la productividad del suelo en muchas culturas, entre ellos el algodón en diferentes regiones agrícolas del mundo, tanto en condiciones de temporal, en función de en riego y la lluvia. Por otra parte, el uso indiscriminado de fertilizantes que contienen micronutrientes que puede dañar más que ayudar al rendimiento de algodón; Debido a su importancia en el presente artículo trata de discutir las diversas fuentes y modalidades de aplicación de boro que se utilizará en esta cultura gran importancia para la economía brasileña.

Palabras clave: fertilización de boro, manejo de fertilizantes, *Gossypium hirsutum* L.

SOURCES AND APPLICATION METHODS ON HERBACEOUS COTTON

ABSTRACT - The constant improvement in herbaceous cotton (*Gossypium hirsutum* L. *raça latifolium* Hutch.) productivity resultant from intensive use of modern technology verified in some Brazilian regions is leading to an uptake of soil macro and minor nutrients. However, the cotton macronutrient uptake has been satisfactorily supplied by fertilization differently of minor nutrients that are demanded in lower amount and often become limiting factor for not receiving adequate supply. Being, the boron one of the eight essential minor nutrient indispensable for plant development. Its deficiency has brought yield loss in several crops including cotton in many agricultural words areas. On the other hand, the indiscriminate use of fertilizers containing this minor nutrient can harm more than auxiliary in the productivity of the cotton plant; Face to his importance in this article, tries to discuss the several sources and manners of application of the boron, to be used in this culture of great importance crop to Brazilian economy.

Key words: boron fertilization, management of the fertilization, *Gossypium hirsutum* L.

INTRODUÇÃO

Considerando os avanços tecnológicos na agricultura moderna que visam elevar as produtividades, faz-se necessário que os cotonicultores busquem acompanhar esta evolução, para que assim possam diminuir seus custos e elevar seus lucros.

Neste contexto e dentre os vários fatores de produção, ressalta-se a necessidade do uso de uma adubação equilibrada, na qual se incluem não apenas os macronutrientes primários e secundários, mas, também, os micronutrientes. Embora exigidos em menores quantidades, sua carência no solo pode ser uma das causas da menor produtividade em nossas condições, pois representaria fator limitante.

O boro é um micronutriente importante para o algodoeiro, em virtudes de grande parte dos solos cultivados com esta malvacea apresentarem baixos teores de matéria orgânica, principal fonte de boro no solo e, também, pelo fato de sua disponibilidade ser reduzida com a elevação de pH após a calagem. Por isso, a manutenção da matéria orgânica do solo, a aplicação de uma calagem adequada e a utilização de adubos contendo boro, se torna essenciais no cultivo do algodão no Brasil (STAUT & KURIHARA, 2001); entretanto, o manejo inadequado de adubos contendo boro, com uso muitas vezes utilizando dosagens superiores as exigidas pela cultura podem prejudicar mais que auxiliar na produtividade do algodoeiro. Ressaltando a importância de se conhecer as doses, fontes e os modos de aplicação deste micronutriente, a ser usado nesta cultura tão importante para economia brasileira.

Neste aspecto, a presente revisão de literatura tem como objetivo relatar as fontes, as doses, os modos de aplicação de boro a cultura do algodoeiro, com base em trabalhos realizados no Brasil e em outros países.

CONSIDERAÇÕES GERAIS

Dependendo das quantidades exigidas pelas plantas os elementos essenciais são classificados em

macronutrientes e micronutrientes. O Boro faz parte dos oito micronutrientes sendo sugerido ser essencial às plantas em 1923 por Warington de acordo por Russel (1957). Sua deficiência tem provocado quedas na produtividade de diversas lavouras no Brasil e no mundo dentre elas a do algodoeiro, tanto em regime de sequeiro, dependendo das chuvas, quanto em condições de irrigação.

Segundo (MALAVOLTA et al. 1988, citado por SOUZA et al. 2004) os solos brasileiros são pobres em micronutrientes, principalmente B, Cu e Zn, e estimam-se que boa parte dos solos dos cerrados apresentem limitações com estes elementos essenciais. E que por estes solos apresentarem baixas fertilidades e com a extração desses nutrientes por parte das colheitas, a prática de adubação com micronutrientes tende a crescer.

De acordo com Marconi et al. (1980) o boro é um elemento essencialmente litófilo, ou seja, tende a se acumular na camada silicatada externa da terra. Ocorrendo sob cinco formas no solo: minerais primários como turmalinas e micas ricas em B; minerais secundários, principalmente dentro das estruturas das argilas; adsorvidos às argilas, na superfície de hidróxidos e na matéria orgânica; em solução como ácido bórico em como borato; biomassa microbiana (SHORROCKS, 1995, citado por SOUZA et al. 2004).

As rochas contêm quantidades variáveis de boro, de acordo com a ocorrência de minerais de boro presentes em suas estrutura. Dos minerais referidos por Marconi et al. (1980) destacam-se alguns borossilicatos e boratos. Segundo Raij (1991), o bórax ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$), a quernita ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$), a colemanita ($\text{Ca}_2\text{B}_6\text{O}_{11} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$), a ulexita ($\text{NaCaB}_5\text{O}_9 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$) e a turmalina [$\text{H}_2\text{MgNa}_9\text{Al}_3(\text{BO})_2\text{SiO}_4\text{O}_{20}$] são alguns minerais importantes que contêm boro. Estes mesmo autores mencionaram a possibilidade da hornblenda metamórfica, da biotita de pegmatitos e da esmectita virem a conter boro em teores variáveis.

Esses minerais não resistem ao intemperismo e persistem intactos apenas em condições de aridez, com ausência de água. A exceção é a turmalina, que é o único mineral que persiste em solos ácidos. Trata-se de um

silicato resistente que pouco cede boro para a solução do solo (RAIJ, 1991).

Segundo Malavolta (1980) a turmalina constitui o mineral primário mais significativo, representando cerca de 95% da reserva do boro em solos de regiões úmidas. Os sedimentos e folhetos que contêm boro são de decomposição rápida. Considera-se, entretanto, que a fonte de B mais importante para a planta seja a matéria orgânica a qual, através da mineralização, libera-o para a solução do solo assim, uma calagem adequada, aumentando a atividade microbiológica, tende a aumentar a sua disponibilidade para as plantas.

Considerando-se que o conteúdo de boro nos vários tipos de rocha é variável, infere-se que a disponibilidade desse elemento no solo ficará sob dependência do material de origem (DANTAS, 1991). Segundo Gutterres (1986), a contribuição do B estrutural está relacionada com a sua solubilidade e concentração nos materiais de origem, tipo de solo formado e precipitação pluviométrica, sendo mais freqüente a ocorrência de deficiência de B em solos de arenito que de basalto.

De acordo com Raij (1991), o boro é um elemento de distribuição irregular em rochas ígneas, porém sua concentração é maior em granitos que em basaltos, ao contrário do que acontece com demais micronutrientes. Por se tratar de um elemento com raio iônico muito menor que os dos outros elementos mais abundantes em silicatos que ocorrem em rochas ígneas, a participação do boro é reduzida nesses minerais. Contudo, a ocorrência maior como impureza é nas micas. Para RANKAMA & SAHAMA (1962), os teores de boro nos sedimentos marinhos podem chegar a ser 10 a 15 vezes maiores que nos sedimentos continentais e nas rochas ígneas e metamórficas. Nos sedimentos continentais, os teores mais elevados de boro se encontram em folhetos, cerca de até 100 mg.Kg⁻¹, enquanto nos arenitos estão em torno de 35 mg.Kg⁻¹. Os folhetos que contêm argila marinha ou aqueles situados próximos a ambientes marinhos se enriquecem de boro devido ao contato com as águas do mar (KRAUSKOPF, 1972). Argumenta também que há possibilidade de que, em regiões litorâneas, o B chegue à superfície dos solos acompanhado os vapores dos oceanos. Desta forma, seria presumível disponibilidade satisfatória nessas regiões.

O intemperismo de rochas contendo boro origina principalmente ácido bórico não ionizado em solução, pode migrar através das águas de drenagem. Desta forma, o boro é um elemento de alta mobilidade geoquímica e por esta razão, acumula-se nos oceanos, que apresentam teores médios acima de 4 mg.L⁻¹. A pressão parcial de H₃BO₃ sobre os oceanos é bastante alta. Além disso, pode haver boro na atmosfera, resultante de gases vulcânicos. Assim explicam-se os altos teores de boro em rochas sedimentares, em comparação com rochas ígneas. Só mesmo a origem externa do elemento pode justificar o acúmulo relativo de um elemento tão móvel nessas rochas, em comparação com os teores existentes em rochas ígneas. (RAIJ, 1991).

De modo geral, solos originados de rochas maciças são sempre pobres em boro, excluindo-se as que contêm quantidades consideráveis de turmalina e outros minerais que possuem B na sua estrutura. Ao contrário, solos originados de material clástico, calcário, folhetos e, especialmente, argilas marinhas, são relativamente ricos em boro (VINOGRADOV, 1959, citado por HOROWITZ & DANTAS, 1973).

Os fatores que influenciam a adsorção de boro são: a concentração inicial do nutriente no solo, o pH, os íons trocáveis presentes, o conteúdo de matéria orgânica e a umidade do solo. A adsorção de boro no solo aumenta com o aumento do pH, da temperatura, do teor de materiais adsorventes e com a diminuição da umidade do solo. (GOLDBERG 1997, citado por SOUZA, 2004).

A matéria orgânica vem sendo referida, por vários autores, como importante fonte de boro no solo (BERGER & TROUG, 1946; OLSON & BERGER, 1946; WILSON et al., 1951; MALAVOLTA, 1980; SILVA & CARVALHO, 1994; SILVA, 1999).

Embora a importância da matéria orgânica na disponibilidade de B possa ser considerada sob pontos de vista da mineralização e da adsorção, ela tem sido menos estudada que os outros constituintes do solo (GUTTERRES, 1986).

Segundo Berger e Troug (1946), o boro disponível do solo encontra associado principalmente à matéria orgânica, que explica os maiores teores nos horizontes superficiais. Trabalhando em solos ácidos, encontraram correlação positiva e significativa entre o teor de boro solúvel em água quente e o de matéria orgânica.

Page e Paden (1954) observaram, em solos ácidos e não cultivados, que a concentração de boro solúvel em água se relaciona mais com o teor de matéria orgânica que com a textura ou com pH do solo. Para Malavolta (1980), a matéria orgânica é a principal fonte de B no solo e uma calagem adequada, aumentando a atividade microbiológica, tende a aumentar sua disponibilidade para as plantas.

Wilson et al., (1951), nos solos das regiões úmidas a maior parte do boro disponível esta contido na matéria orgânica. Desta forma considerando que o algodoeiro requer pequena quantidade de boro, a matéria orgânica poderia suprir o necessário, contanto que fosse encontrado em quantidade suficiente no solo. (CARVALHO, 1980).

FONTES E MODOS DE APLICAÇÃO DO BORO

O boro é o único micronutriente considerado relativamente móvel no solo apresentando, neste aspecto, alguma similaridade com nitrogênio-nítrico e enxofre na forma de sulfato, principalmente no fato de deficiência poderem aparecer repentinamente e já assumindo caráter grave. Esta mobilidade se deve à forma predominante na solução do solo, que é a do ácido bórico não dissociado. A mobilidade não é completa, como a de nitratos, havendo adsorção aos colóides do solo, crescente com a elevação do pH (RAIJ & BATAGLIA, 1991).

Sendo a maneira mais simples para resolver a deficiência de boro no solo de maneira simples e menores custos é através do uso de fertilizantes.

Dentre as fontes de B, O bórax ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ou $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$), o solubor ($\text{Na}_2\text{B}_8\text{O}_{13} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$), o ácido bórico (H_3BO_3), são solúveis em água, enquanto a colemanita ($\text{Ca}_2\text{B}_6\text{O}_{11} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) é medianamente solúvel e a ulexita ($\text{Na}_2\text{Ca}_2\text{B}_{10}\text{O}_{18} \cdot 16\text{H}_2\text{O}$) é insolúvel em água (LOPES, 1999).

A incorporação de fontes de boro em fertilizantes NPK é frequentemente praticada. Em trabalho realizado por Mortvedt (1968), a disponibilidade de B incorporado não afetada pelo método de incorporação, aparentemente porque os compostos de boro não reagem quimicamente com a maioria dos fertilizantes NPK. Entretanto, a

absorção de B pelas plantas apresentou boa correlação com o teor de B solúvel em água, nesses fertilizantes.

Fertilizantes contendo B apresentam maior efeito residual em solos com altos teores de silte e argila em comparação com solos arenosos. Produtos com menor solubilidade em água (colemanita e ulexita) também apresentam maior efeito residual. As fritas misturas de micronutrientes (20-60 g.Kg^{-1} de B) ou colemanita (170 g.Kg^{-1} de B) têm sido utilizada em solos arenosos, visando contornar possíveis problemas de lixiviação de boro (HINKLE & BROWN, 1968). Na Tabela 1 estão listados os produtos reconhecidos como fertilizantes que contenham o B e suas respectivas garantias mínimas exigidas pelo Ministério da Agricultura (BRASIL, 1982).

Tabela 1 – Garantias mínimas de teores de boro em adubos exigidas pelo Ministério da Agricultura (Brasil, 1982)

FERTILIZANTES SIMPLES	ESPECIFICAÇÕES	CARACTERÍSTICAS
Boro	0,6% de B total	
Bórax	11% de B solúvel em H_2O	Boro na forma de borato de sódio
Ácido bórico	17% de B solúvel em H_2O	Boro na forma de ácido bórico
Pentaborato de sódio	18% de B total	Boro na forma de borato de sódio
Ulexita	8% de B total	Boro na forma de borato de sódio e cálcio
Colemanita	8% de B total	Boro na forma de borato cálcio
Boro-etanolamina	8% de B total solúvel em H_2O	Boro na forma de éster
Boro orgânico	8% de B total	Boro na forma de éster ou amida

Para Mortvedt e Orborn (1965), aplicações de bórax granulado resultam em altas concentrações de B no solo próximo ao local do grânulo, o que poderia ser tóxico para raízes de plantas próximas, no caso de algumas espécies sensíveis.

A colemanita e o borato fertilizante foram igualmente eficientes para algodão, quando incorporados aos fertilizantes NPK (ROWELL & GRANT, 1975). Tanto a colemanita (solubilidade moderada) quanto às “fritas” (baixa solubilidade) com B foram superiores aos boratos fertilizantes (solubilidade total em água) para algodoeiro em solos arenosos sob condições de alta pluviosidade (MORTVEDT, 1991).

As quantidades de fertilizantes a serem fornecidos ao algodoeiro variam em função da necessidade e do modo de aplicação.

Observa-se que os acréscimos de produção de algodão decrescem significativamente com o aumento da concentração de boro no solo, em especial para extração com água quente. Valores abaixo de 0,20 ppm de B (água quente), a produção de algodão aumenta sensivelmente em função da concentração do micronutriente no solo, enquanto acima de 0,40 ppm de B, os acréscimos tendem a estabilizar-se. Resultados de análises de solo situados abaixo dessa faixa referencial indicariam a necessidade de adubação corretiva; quando dentro dela, uma adubação corretiva em escala menor poderia evitar o aparecimento de deficiência, enquanto em valores acima de 0,40 ppm de

B, uma adubação imediata seria indispensável Silva et al. (1991).

Quanto à análise foliar para fins de diagnose, o nível crítico estaria entre 13 e 15 mg.kg^{-1} segundo Hinkle & Brown (1968), no exterior. No Brasil, foi notada variação mais ampla, de 10 a 40 mg.kg^{-1} (MIKKELSEN et al., 1963; SARRUGE et al., 1973 e SILVA et al., 1982). De acordo com Silva e Carvalho (1964) o boro absorvido pelas raízes é transportado para as partes jovens das plantas, via corrente transpiratória, e parece ter retranslocamento interno pouco significativo. Por essas razões, talvez se tenha observado experimentalmente que a aplicação do adubo boratado ao solo seja mais eficiente que via foliar. Silva (1969) conclui que, embora a adubação normal do solo seja muito importante para algodoeiro, não fica eliminada a possibilidade de adubação via foliar, como prática complementar.

Coleman (1945) relata resultados obtidos em condições de campo, em que se observou aumento médio de 150 Kg ha^{-1} de algodão em caroço, devido à aplicação a lanço, de aproximadamente 1,2 Kg ha^{-1} de bórax.

Wear (1957), aplicando no sulco de semeadura 0,63 $\text{Kg ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$ de boro, durante cinco anos, obteve aumento médio de 152 Kg ha^{-1} de algodão em caroço.

Anderson e Boswell (1968), utilizando doses de 0,45 e 0,89 Kg ha^{-1} de boro aplicados a lanço em faixas laterais, 20 a 30 dias após a emergência das plantas, obtiveram acréscimo máximo de 150 Kg ha^{-1} de algodão em caroço.

Murphy e Lancaster (1971) demonstram que aplicação sobre o solo é tão efetiva quanto à aplicação no sulco (0,3 a 1,1 Kg ha⁻¹ de B). Segundo, Smithson (1972), efetuando cinco pulverizações foliares de 1,4 kg ha⁻¹ de Bórx a intervalos semanais no florescimento obteve aumento médio de 436 kg ha⁻¹ de algodão em caroço.

Silva et al. (1982), estudando a aplicação de boro em diferentes doses (0,5 a 2,0 Kg ha⁻¹ de B) no sulco de semeadura, obtiveram aumento médio de produtividade da ordem de 670 Kg ha⁻¹ de algodão em caroço.

Segundo Gridi-Papo et al. (1992), tem-se recomendado, no Estado de São Paulo, para o algodão (cultivar IAC 20) a aplicação de 1,0 a 1,5 Kg ha⁻¹ de B na mistura de adubos ou em cobertura. Em outros estados tem sido recomendados cultivares como CNPA-ITA 90 e Deltapine 90, com aplicação de B idêntica àquela recomendada para IAC 20.

Para Silva e Carvalho (1994), se por qualquer razão o boro não for aplicado por ocasião do plantio em solo deficiente, convém efetuar a adubação em cobertura. Assim, deve-se efetuar a operação de desbaste o mais cedo possível e aplicar a mistura de adubos nitrogenados e boratados a lanço, sobre o solo, próximo às plantas remanescentes. Entretanto, de acordo com Silva et al. (1979), em condições de deficiência aguda, deve-se preferir a aplicação por ocasião da semeadura, uma vez que as plantas podem sofrer a falta de boro já nas primeiras fases de desenvolvimento.

Para Silva e Carvalho (1994), o boro aplicado em pulverização é prontamente absorvido pelas folhas. Em função de sua baixa mobilidade dentro da planta, obtém-se com frequência altas concentrações de B em análises foliares, o que pode dar uma idéia ilusória da eficiência desse modo de adubação. O aumento de produtividade do algodoeiro, no entanto, não costumam ser proporcionais. Recomendam que a pulverização foliar seja dotada apenas como medida curativa de sintomas que, eventualmente venham a ocorrer durante o crescimento das plantas. Deve-se ser efetuada a baixo volume, no período mais fresco do dia e fornecer de 0,15 a 0,18 Kg.ha⁻¹ de B por vez, em função da necessidade. Convém iniciar as aplicações logo no início do florescimento e repetir a operação de 3 a 4 vezes, semanalmente, associando-as, sempre que possível, a pulverização de inseticidas. A aplicação na solução de herbicida de pré-plantio e mesmo na água de irrigação, constitui alternativa para adubação precoce. No entanto, segundo esses autores as doses mais adequadas para cada caso ainda não foram experimentalmente definidas em nosso meio.

De acordo com que foi apresentado, consta-se que o conhecimento das diversas fontes e modos de aplicação de boro na cultura do algodoeiro herbáceo pode ser relevante para um melhor aproveitamento da adubação, seja ela no solo ou por via foliar, deste micronutriente tão importante nesta fibrosa. Percebe-se ainda, que adubação boratada influenciando a produtividade do algodoeiro herbáceo de maneira expressiva, principalmente em solos de textura leve, com pouca matéria orgânica.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O boro é um elemento químico essencial para o algodoeiro, sendo o principal dos micronutrientes desta espécie e, em solos com deficiência deste elemento, adubações boratadas podem elevar significativamente os níveis de produtividade. A adubação com boro deve ser feita preferencialmente no solo, na fundação ou em cobertura, devendo-se evitar a adubação foliar. A dose a ser usada e a fonte devem ser cuidadosamente determinadas, para não ocorrer problemas de excesso do produto e, assim, efeitos de toxicidade. Por fim, as doses recomendadas dependendo do tipo de solo, variam entre 0,5 a 2,0 Kg de B ha⁻¹.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDERSON, O.E.; BOSWELL, F.C. Boron and manganese effects on cotton yield, lint quality and earliness of harvest. **Agronomy Journal**, v. 60, p. 488-493, 1968.

BERGER, K.C.; PRATT, P.F. Advances in secondary and micronutrient fertilization. In: MALCON, H.M.; BRIDGER, G.L.; NELSON, L.B., ed. **Fertilizers technology and usage**. Madison: Soil Science Society of America, 1963. p. 287-340.

BERGER, K.C.; TRUOG, E. Boron availability in relation to soil reaction and aorganic matter content. **Soil Science Society of America Proceedings**, Madison, v. 10, p. 113-116, 1946.

BERGER, K.C.; TRUOG, E. Boron deficiencies as revealed by plant and soil test. **Journal of the American Society of Agronomy**, Geneva, v. 32, p. 297-301, 1940.

BRASIL, MINISTÉRIO DA AGRICULTURA. **Inspecção e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes, estimulantes, e biofertilizantes destinados à agricultura – Legislação e Fiscalização**. Brasília: Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária, Divisão de Corretivos e Fertilizantes, 1988. 88 p.

BRASIL SOBRINHO, M.O.C. **Levantamento do teor de boro em alguns solos do Estado de São Paulo**. 1965. 135 p. (Tese de Livre Docência) USP/ESALQ, Piracicaba, 1965.

CARVALHO, L.H. de. **Aplicação de boro na cultura do algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L. var. *latifolium* Hutch)**. 1988. 76p. Tese Doutorado. USP/ESALQ, Piracicaba, 1988.

CARVALHO, L.H. de. **Efeitos da calagem e da adubação boratada sobre o algodoeiro (*Gossypium***

- hirsutum* L.) cultivado em Latossolo Vermelho-Amarelo- fase arenosa. 1980. 64p. Tese de Mestrado - USP/ESALQ, Piracicaba. 1980.
- COLEMAN, R. Yield and quality of cotton can be improved by boron. **Better Crops**, New York, v. 21, n. 4, p. 18-20, 48-50, 1945.
- DANTAS, J.P. Boro. In: SIMPÓSIO SOBRE MICRONUTRIENTES NA AGRICULTURA, 1., 1988, Jaboticabal. **Anais...** Piracicaba: Potafos/CNPq, 1991. p. 113-130.
- GRIDI-PAPP, I.L.; CIA, E.; FUZZATO, M.G.; SILVA, N.M.; FERAZ, C.A.M.; CARVALHO, N.; CARVALHO, L. H.; SABINO, N.P.; KONDO, J.I.; PASSOS, S.M.G.; CHIAVEGATO, E.J.; CAMARGO, P.P.; CAVALERI, P.A. **Manual do produtor de algodão**. São Paulo: Bolsa de Mercadorias & Futuros, 1992. 158p.
- GUTTERRES, J.F. **Disponibilidade de boro para as plantas em solos do Rio Grande do Sul**. 1986. 135p. Tese de Mestrado, UFRGS/Faculdade de Agronomia, Porto Alegre, 1986.
- HINKLE, D.A.; BROWN, A.L. Secondary nutrients and micronutrients. In: **ADVANCES** in production and utilization of quality cotton – principles and practices. Ames: The Iowa State University, 1968. 532p.
- HOROWITZ, A.; DANTAS, H.S. Boro disponível nos solos da Zona da Mata de Pernambuco. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Rio de Janeiro, v. 8, p. 163-168, 1973. (Série Agronomia).
- KRAUSKOPF, K.B. **Introdução à Geoquímica**. São Paulo, USP/Polígono, 1972. v. 2. 605p.
- LOPES, A.S. **Micronutrientes**: filosofias de aplicação e eficiência agrônoma. São Paulo: ANDA, 1999. 72p. (ANDA. Boletim Técnico, 8).
- MALAVOLTA, E.; BOARETTO, A.E.; PAULINO, V.T. Micronutrientes; uma visão geral. In: SIMPÓSIO SOBRE MICRONUTRIENTES NA AGRICULTURA, 1., 1988, Jaboticabal. **Anais...** Piracicaba: Potafos/CNPq, 1991. p. 174.
- MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. 251p.
- MARCONI, A.; FREIRE, O.; ABRAHÃO, I.O.; BRASIL SOBRINHO, M.O.C. Boro nos minerais, rochas, solos e plantas. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 55, p. 33-39, 1980.
- MIKKELSEN, D.S.; FREITAS, L.M.M.; Mc CLUNG, A.C. **Efeitos da calagem e adubação na produção de algodão, milho e soja em três solos de campo cerrado**. São Paulo: Instituto de Pesquisa IRI, 1963. 48p.
- MORTVEDT, J.J. Availability of boron in various boronated fertilizers. **Soil Science Society of America Proceedings**, Madison, v. 32, n. 3, p. 433-437, May/June, 1968.
- MORTVEDT, J.J. Micronutrients fertilizer technology. In: MORTVEDT, J.J.; COX, F.R.; SHUMAN, L.M.; WELCH, R.M. eds. **Micronutrientes in agriculture**. 2. ed. Madison: Soil Science Society of America, 1991. p. 523-548.
- MORTVEDT, J.J.; ORBORN, G. Boron concentration adjacent to fertilizer granules in soil and its effect on root growth. **Soil Science Society of America Proceedings**, Madison, v. 29, p. 187-191, 1965.
- MURPHY, B.C.; LANCASTER, J.D. Response of cotton to boron. **Agronomy Journal**, Madison, v. 63, n. 4, p. 539-540, 1971.
- OLSON, R.U.; BERGER, K.C. Boron fixation as influenced by pH, organic matter content, and other factors. **Soil Science of America Proceedings**, Madison, v. 11, n. 5, p. 216-220, 1946.
- PAGE, N.R.; PADEN, W.R. Boron-supplying power of South Carolina Soils. **Soil Science**, New Brunswick, v. 7, p. 427-237, 1954.
- PARKS, W.L.; WHITE, J.L. Boron retention by clay humus systems saturated with various cations. **Soil Science Society of America Proceedings**, Madison, v. 16, p. 298-300, 1952.
- RAIJ, B.van. Geoquímica de micronutrientes. In: SIMPÓSIO SOBRE MICRONUTRIENTES NA AGRICULTURA, 1., 1988, Jaboticabal. **Anais...** Piracicaba: Potafos/CNPq, 1991. p. 100-101.
- RAIJ, B.van. Análise química do solo. In: SIMPÓSIO SOBRE MICRONUTRIENTES NA AGRICULTURA, 1., 1988, Jaboticabal. **Anais...** Piracicaba: Potafos/CNPq, 1991. p. 333-352.
- RANKAMA, K.; SAHAMA, T.G. **Geoquímica**. Madrid, Aguilar, 1962. 862p.
- ROWELL, A.W.G.; GRANT, P.M. A comparison of fertilizer and colemanite incorporated in granular fertilizers. **Rhodesian Journal of Research**, v. 13, p. 63-66, 1975.
- RUSSEL, D.A. Boron and soil fertility. In: STTEFFERUD, A., ed. **The yearbook of agriculture**.

Washington: The United States Department of Agriculture, 1957. p. 121-128.

SARRUGE, J.R.; HAAG, H.P.; MALAVOLTA, E.; ACCORSI, W.R. Estudo sobre a adubação mineral do algodoeiro: II. Deficiências de micronutrientes na variedade IAC 11. **Anais da ESALQ**, v.30, p.93-103, 1973.

SHORROCKS, V.M. The occurrence and correction of boron deficiency. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 94, n. 2, p. 356-361, 1995.

SILVA, N.M.da. Estudo comparativo da adubação foliar com a convencional do algodoeiro. **Bragantia**, Campinas, v. 28, p. 47-64, 1969.

SILVA, N.M.; CARVALHO, L.H.; BATAGLIA, O.C.; HIROCE, R. Efeitos do boro em algodoeiro cultivado em condições de casa de vegetação. **Bragantia**, v.38, p.153-164, 1979.

SILVA, N.M.; CARVALHO, L.H.; CHIAVEGATTO, E.J.; SABINO, N.P.; HIROCE, R. Efeitos de doses de boro aplicadas no sulco de plantio do algodoeiro, em solo deficiente. **Bragantia**, v.41, p.181-191, 1982.

SILVA, N.M.; CARVALHO, L.H.; CHIAVEGATO, E.J.; KONDO, J.I.; BATAGLIA, O.C.; HIROCE, R.; BORTOLETTO, N.; & SABINO, J.C. Estudo regional da adubação boratada do algodoeiro no Estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v.50, n.2, p.341-358, 1991.

SILVA, N.M.; CARVALHO, L.H. de. A importância do boro na adubação do algodoeiro. **O agrônomo**, Campinas, v. 46, n. 1-3, p. 27-30, 1994.

SILVA, N.M. da. Nutrição mineral e adubação do algodoeiro no Brasil: In: CIA, E.; FREIRE, E. C.; SANTOS, W.J. dos. Eds. **Cultura do algodoeiro**. Piracicaba: Potafos, 1999. p. 57-92.

SMITHSON, J.B. Differential sensitivity to boron in cotton in northern states of Nigeria. **Cotton Growing Review**, v.49, p.350-353, 1972.

SOUZA, A.; OLIVEIRA, M.F.; CASTIGLIONI, V.B.R. O boro na cultura do girassol. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 25, n. 1, p. 27-34, 2004.

STAUT, L.A.; KURIHARA, C.H. Calagem e adubação. In: EMBRAPA. AGROPECUÁRIA OESTE (Dourados, MS). **Algodão: Tecnologia de produção**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste/Embrapa-Algodão, 2001. p. 103-123.

VANDERLEY, J.C. **Boro em materiais de três solos do município de Lavras**. 1984. 96p. Tese de Mestrado - ESAL, Lavras, 1984.

WEAR, J.I. Boron requirements of crops in Alabama. **Bulletin of the Alabama Agricultural Experiment Station**, Auburn, v. 305, p. 4-30, 1957.

WILSON, R.L.; LOVVORN, R.L.; WOOD HOUSE JR., W.W. Movement and accumulation of water-soluble boron within the soil profile. **Agronomy Journal**, Madison, v. 43, p. 363-367, 1957.

Recebido em 04/03/2010
Ceito em 22/08/2010