

# O boro na cultura do girassol

## The boron on sunflower crop

Agnelo de Souza<sup>1\*</sup>; Marcelo Fernandes de Oliveira<sup>2</sup>;  
Vania Beatriz Rodrigues Castiglioni<sup>2</sup>

### Resumo

O boro é um micronutriente essencial ao desenvolvimento das plantas superiores e a sua deficiência é mais comum que de qualquer outro micronutriente. No Brasil, deficiência de boro ocorre com maior frequência nos solos de cerrados. A cultura do girassol é uma das mais sensíveis a essa deficiência e apresenta pouca eficiência em seu aproveitamento. Este trabalho de revisão de literatura teve como objetivo levantar e apresentar aspectos da cultura do girassol, dos solos dos cerrados, do boro na planta e no solo, dos sintomas de deficiência de boro e sua correção na cultura do girassol e do controle genético da eficiência no aproveitamento de boro.

**Palavras-chave:** Micronutriente, *Helianthus annuus*, nutrição de planta.

### Abstract

Boron is an essential micronutrient for the growth of higher plants and its deficiency is more widespread than deficiency of any other micronutrient. In Brazil, this deficiency is habitual in 'cerrados' soils. Sunflower is one of the most sensitive to this deficiency and presents low efficiency in boron utilization. This literature review has the purpose to show aspects of sunflower, cerrados soils, boron in plant and in soil, visual symptoms, correction of boron deficiency and genetic control.

**Key words:** Micronutrient, *Helianthus annuus*, plant nutrition.

### Introdução

A cultura do girassol apresenta grande adaptabilidade às condições edafo-climáticas, caracterizando-se pela tolerância a baixas temperaturas na fase inicial de desenvolvimento e pela relativa resistência à seca. Seu rendimento é pouco afetado pelas latitude e altitude e pelo fotoperíodo, o que facilita a expansão de seu cultivo no Brasil. Essas características tornam a cultura do

girassol uma excelente opção para o cultivo safrinha na Região Centro-Oeste ou sucessão ao milho safrinha na Região Sul, possibilitando maior diversificação no sistema agrícola e maior agregação de valor à propriedade.

Quanto aos aspectos nutricionais, a cultura do girassol é considerada exigente em boro e mostra pouca eficiência no aproveitamento deste nutriente. Com frequência, apresenta, nas principais regiões

<sup>1</sup> Engenheiro Agrônomo, Mestrado em Genética e Melhoramento na Universidade Estadual de Londrina, UEL, Paraná, Brasil. Bolsista da: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, CAPES, Brasil. Msc., Rua Paulo Frontin, 128. CEP 86200-000 Ibiporã, PR. E-mail: agnelos@onda.com.br; E-mail: agnelosouza@hotmail.com.

<sup>2</sup> Engenheiro Agrônomo, Msc., Embrapa Soja, Rod. Carlos João Strass, Caixa Postal 231. CEP 86001-970 Londrina, PR. E-mail: marcelo@cnpso.embrapa.br, vania@cnpso.embrapa.br

\* Autor para correspondência.

produtoras de grãos do país, sintomas de deficiência, embora o desenvolvimento e a produção das culturas que o antecedem, como soja e milho, não sejam seriamente afetados (CASTRO, 1999).

A produção de girassol no Brasil está se expandindo na Região Centro-Oeste onde, segundo Malavolta e Kliemann (1985), encontra-se solos ácidos, pobres em bases, com baixos teores de matéria orgânica e, conseqüentemente, com baixo suprimento de fósforo (P), nitrogênio (N), enxofre (S) e boro (B). Nessa região, o plantio do girassol ocorre de janeiro a março (safrinha). Isso permite que a cultura se desenvolva com a umidade oriunda do período das chuvas e que a maturação ocorra em período seco e de temperaturas amenas, o que diminui a incidência de doenças. Além disso, nessas condições ambientais as sementes produzidas apresentam maior teor de óleo. O cultivo do girassol na safrinha racionaliza o uso de máquinas, equipamentos e mão-de-obra (DALL'AGNOL; CASTIGLIONI; TOLEDO, 1994). Outro efeito benéfico da cultura do girassol está ligado ao sistema radicular, que é profundo e permite a extração de nutrientes em profundidades não alcançadas por outras culturas (UNGER, 1990), contribuindo assim para o enriquecimento das camadas superficiais, quando da decomposição dos restos culturais.

Malavolta, Boaretto e Paulino (1988), citam que os solos brasileiros são pobres em micronutrientes, principalmente B, Cu e Zn, e estimam que aproximadamente 100 milhões de hectares dos cerrados apresentam essa deficiência. Acreditam também que a exigência de adubação com micronutrientes tende a crescer devido a sua exportação via produtos colhidos, uso de fertilizantes de alta concentração, diminuição da disponibilidade pelo aumento de uso de calcário, e pela incorporação no processo produtivo de solos com baixa fertilidade natural.

## O Boro no Solo

A disponibilidade de nutrientes no solo, é um dos fatores ambientais que limita a produção e o desenvolvimento das plantas. Segundo Epstein (1975),

para que os elementos químicos sejam considerados essenciais devem satisfazer os critérios de essencialidade que são: na ausência do elemento a planta não completa o seu ciclo vital; e o elemento deve estar diretamente envolvido no metabolismo da planta como constituinte de um composto essencial.

Os elementos essenciais são divididos em macronutrientes e micronutrientes, dependendo das quantidades exigidas pelas plantas. A prova inicial da essencialidade de B nas plantas foi publicada por Warington em 1923 (POWER; WOODS, 1997), e há muito já se estabeleceu que o B é um micronutriente essencial ao desenvolvimento das plantas superiores, apesar de sua função primária não ter sido totalmente esclarecida (MATOH, 1997).

O B ocorre sob cinco formas no solo: minerais primários como turmalina e micas ricas em B; minerais secundários, principalmente dentro da estrutura das argilas; adsorvido às argilas, na superfície de hidróxidos e na matéria orgânica; em solução como ácido bórico e como borato; bem como na matéria orgânica e biomassa microbiana (SHORROCKS, 1997). Goldberg (1997) considera a química do B muito simples, pois não sofre reações de redução-oxidação ou de volatilização no solo.

Para Camargo, Alleoni e Casagrande (2001), a adsorção do B aos colóides minerais e orgânicos controla a concentração dos íons e complexos na solução do solo exercendo, então, grande influência na absorção deste nutriente pelas plantas. Cruz, Nakamura e Ferreira (1987) citam que quando se adiciona boro ao solo, parte permanece na solução do solo – disponível para absorção pelas plantas – e parte é adsorvida à fase sólida. Goldberg (1997) argumenta que a absorção de boro pelas plantas depende da sua concentração na solução do solo; e que essa, por sua vez, depende das reações de adsorção entre o boro e seus adsorventes no solo, tais como os óxidos de ferro e alumínio, os minerais de argila, a matéria orgânica, o hidróxido de magnésio e o carbonato de cálcio. Argumenta também que 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.

A reação do solo (pH) é o fator que mais influencia na absorção de B pelas plantas, uma vez que o aumento do pH ocasiona uma diminuição na absorção. Isto ocorre porque valores de pH abaixo de 7 a forma predominante é o ácido bórico que, tendo pouca afinidade com os minerais de argila, é pouco adsorvido pelo solo e é uma forma disponível para as plantas. À medida que o pH aumenta, aumenta a concentração de B na forma de borato ( $B(OH)_4$ ), que possui forte afinidade pelos minerais de argilas, resultando no aumento da adsorção do B (HU; BROWN, 1997; KEREN; BINGHAM; RHOADES, 1985; OERTLI; GRGUREVIC, 1975).

### O Boro na Planta

A absorção de B pelas raízes ocorre, principalmente, na forma de ácido bórico; e é influenciada por vários fatores ambientais, tais como, pH, textura do solo, umidade, temperatura, matéria orgânica, intensidade de luz e mineralogia da argila (HU; BROWN, 1997).

Entre os fatores ambientais não edáficos, a taxa de transpiração é a que mais influencia a absorção de B. O aumento da transpiração promove o aumento na absorção de B, que é influenciada pela umidade relativa, temperatura e intensidade luminosa (HU; BROWN, 1997).

Hu e Brown (1997) sugerem que a absorção de B pelas plantas superiores é um processo passivo, não-metabólico, que age em resposta à concentração externa de ácido bórico, à permeabilidade da membrana, à formação de complexos dentro da célula e à taxa de transpiração.

O B desempenha papel fundamental no desenvolvimento e alongação celular e na integridade estrutural da parede celular das dicotiledôneas, sendo que acima de 95% do B celular têm sido localizados

na parede celular associados a pectinas (POWER; WOODS, 1997; HU et al., 1997). Para Cakmak e Römheld (1997) outro importante papel do B é a manutenção da integridade da membrana plasmática, que está associado a sua habilidade em se ligar a componentes com configuração cis-diol, tais como glicoproteínas e glicolipídios. Cakmak, Kurz e Marschner (1995) analisaram folhas de girassol deficientes e com níveis suficientes em boro. Observaram que o efluxo de potássio, sacarose e fenóis e aminoácidos em folhas deficientes em boro foram, respectivamente, 35, 45 e 7 maiores quando comparados com folhas com níveis suficientes de boro; Power e Woods (1997) argumentam que o transporte de alguns nutrientes (K e P) pela membrana é inibida na ausência de B. Além dessas funções, o B também está relacionado com transporte de açúcares, lignificação, metabolismo de carboidratos, metabolismo de RNA, respiração, metabolismo de ácido indol acético (AIA), metabolismo de fenol de ascorbato (CAKMAK; RÖMHELD, 1997).

A distribuição de B nas plantas ocorre pelo xilema que é, predominantemente, transportado via fluxo de transpiração, sendo afetada, principalmente, pelas temperatura e intensidade luminosa, pelo conteúdo de água no solo e pela umidade relativa (ASAD; BLAMEY; EDWARDS, 2001a; SHELP; BROWN, 1995). O B é considerado imóvel no floema – exceto para as espécies que produzem quantidades significativas de polióis, como sorbitol, manitol e dulcitol, como ocorre em membros das famílias Rosaceae, Rubiaceae e Celestraceae (HU et al., 1997). Nestes casos, o B não é retranslocável para as partes mais jovens da planta, locais onde normalmente aparecem os sintomas de deficiência deste nutriente.

A deficiência de B é mais comum que a deficiência de qualquer outro micronutriente e tem sido reportada em 132 culturas exploradas economicamente em 80 países (SHELP; BROWN, 1995; SHORROCKS, 1997). O girassol é uma das culturas mais sensíveis à deficiência de B, podendo

ser utilizada, segundo Schuster e Stephenson (1940), como planta indicadora do nível de disponibilidade de B no solo.

Com o aumento da importância econômica do girassol, o seu cultivo tem se expandido no mundo em muitos tipos de solos, ocupando áreas com solo de baixa fertilidade e com baixos teores de B (BLAMEY; ZOLLINGER; SCHNEITER, 1997). A deficiência de B em girassol tem sido reportada em diversos países como a África do Sul, Argentina, Austrália, Brasil, Canadá, China, Espanha, Estados Unidos, Inglaterra, Nigéria, Nova Zelândia, Suécia e Tailândia (ASAD; BLAMEY; EDWARDS, 2001a). Blamey, Zollinger e Schneiter (1997) chamam a atenção para os problemas relacionados à deficiência de B devido a sua ampla dispersão pelo mundo e à magnitude da redução da produção de girassol. Sem correção dos teores de B do solo, torna-se impossível cultivá-lo economicamente.

### **Sintomas de Deficiência**

Para Jarvis (1986) um adequado suprimento de B é essencial para a formação dos primórdios radiculares, bem como o seu subsequente desenvolvimento. Marschner (1986) cita que um dos sintomas iniciais ocasionados pela deficiência de boro é a inibição ou paralisação da elongação das raízes primárias e secundárias, que se tornam curtas e ramificadas. Asad, Bell e Dell (2001b) argumentam que as raízes de girassol paralisam o seu desenvolvimento seis horas após a retirada de B do meio de crescimento. Os sintomas macroscópicos de deficiência de B podem aparecer durante o crescimento da plântula, mas geralmente são mais comuns próximos ao estágio reprodutivo (BLAMEY; ZOLLINGER; SCHNEITER, 1997). Em casos severos de deficiência, as plântulas não se desenvolvem além dos cotilédones. Sob condições de deficiência, as folhas jovens tornam-se endurecidas, malformadas, necróticas e podem adquirir coloração bronzeada; o caule e o pedúnculo podem apresentar aparência de cortiça, tornando-se

frágeis e quebradiços, acarretando a queda do capítulo e, portanto, diminuindo a produção. O capítulo, freqüentemente, apresenta-se deformado e fileiras de lígulas ou brácteas podem crescer no meio do capítulo, ocasionando diminuição na produção de sementes (ASAD; BLAMEY; EDWARDS, 2001a).

Para Fleming (1980), a disponibilidade de B geralmente diminui em solos secos, tornando a deficiência de B mais freqüente. Isso pode ser devido às plantas encontrarem quantidade reduzida de B disponível quando extraem água de profundidades maiores durante os períodos de seca. Costa e Oliveira (2001) concordam que os sintomas de deficiência de B são mais severos sob condições de estresse hídrico, mas atribuem isso à diminuição da decomposição da matéria orgânica (uma importante fonte de B) e ao menor desenvolvimento do sistema radicular, que, explorando volume menor de solo, absorve menos B.

### **Correção da Deficiência de Boro**

Rerkasem e Jamjod (1997) argumentam que a utilização de fertilizantes é a solução mais simples e de menor custo para o problema de cultivos em solos com baixa disponibilidade de B. Apesar disso, a contínua ocorrência dessa deficiência em culturas ao redor do mundo indica que, por várias razões, essa solução não está disponível a todos os agricultores; mostrando que o desenvolvimento de genótipos com maior eficiência no aproveitamento de boro pode oferecer uma alternativa real e exequível para o problema de deficiência de boro.

A necessidade de adubação com boro e o manejo desta prática requer a identificação da deficiência, mediante emprego de análises que considerem além do teor disponível, o tipo de solo e outras propriedades ambientais bem como a da freqüência de ocorrência dos sintomas de deficiência (DÍAZ-ZORITA, 1998). Para Lopes e Souza (2001), a combinação adequada para se atingir bases sólidas de diagnose e de recomendação de micronutrientes, seria a utilização de dados de experimentos de calibração de métodos de análise de solo e de planta e a variação das doses

a serem aplicadas em função dos tetos de produtividade e de exportação para diversas culturas. A dificuldade para a execução dessas atividades reforça a importância do melhoramento genético no sentido de aumentar a eficiência das plantas para o aproveitamento do boro do solo.

Uma vez estabelecida a necessidade de aplicação de micronutrientes, é necessário determinar o método de aplicação recomendável para cada caso. Esse é um problema dos mais complexos, pois a eficiência dos métodos de aplicação está intimamente relacionada com vários fatores, com destaque para fontes, tipo do solo, pH, solubilidade, efeito residual, mobilidade do nutriente e cultura (LOPES; SOUZA, 2001). A deficiência de boro pode ser evitada ou corrigida tanto por aplicação via solo como por via foliar (DÍAZ-ZORITA, 2001; SHORROCKS, 1997; UNGARO, 2000; CASTRO et al., 1996; CALLE MANZANO, 1985).

Os principais produtos usados como fontes primárias de boro são: ácido bórico ( $H_3BO_3$ ), bórax ( $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$  ou  $Na_2B_4O_7 \cdot 5H_2O$ ) e solubor ( $Na_2B_8O_{13} \cdot 4H_2O$ ), solúveis em água; e colemanita ( $Ca_2B_6O_{11} \cdot 5H_2O$ ) e ulexita ( $Na_2Ca_2B_{10}O_{18} \cdot 16H_2O$ ), respectivamente, insolúvel e levemente solúvel em água (MORTVEDT, 1991).

Na cultura do girassol, Calle Manzano (1985) cita perdas entre 15% e 40% ocasionadas pela deficiência de B, por outro lado, Blamey e Chapman (1982) verificaram que a adubação com esse elemento proporcionou aumento da produção de sementes das cultivares SO 320 e PRN 40-S, em 49% e 113%, respectivamente.

Para Ungaro (2000), solos que tenham recebido correções com calcário e o teor de boro estiver abaixo de 0,26 ppm, a suplementação desse elemento pode ser feita tanto no plantio, através de formulações que já incluam boro como em cobertura, aos 20 dias após a emergência, misturando-se 10 kg de ácido bórico com o adubo nitrogenado a ser utilizado na cobertura. Castro et al. (1996) recomendam a aplicação de 1,0 a 2,0 kg ha<sup>-1</sup> de boro para prevenção da deficiência,

juntamente com a adubação de sementeira ou com a adubação em cobertura, principalmente nas áreas onde já foram detectadas a deficiência deste nutriente.

Balla et al. (1997) mostraram que a aplicação foliar de 1,0 a 1,8 kg ha<sup>-1</sup> de boro, na forma de bórax, em áreas com teores  $\leq 0,26$  ppm de boro, pode aumentar consideravelmente os rendimentos do girassol. Díaz-Zorita (1998) argumenta que, em solos com textura grossa, médio teor de matéria orgânica e cultivos de alta produção, aplicações foliares de boro têm mostrado aumento na produção de grãos e no teor de óleo. Cita ainda que em solos com baixo teor de boro, a aplicação via foliar proporcionou o aumento na produção de até 33%.

### Controle Genético

Atualmente, há um certo consenso de que as respostas dos genótipos a problemas específicos de fertilidade do solo estão sob o controle genético. Portanto, a eficiência na utilização de certos elementos nutricionais está relacionada a especificidades genéticas das plantas, não existindo dúvidas que entre as espécies e genótipos pertencentes à mesma espécie, ocorrem respostas diferentes às várias situações nutricionais (VOSE, 1987; SARIC, 1983). Para Brown e Jones (1977), a diferença observada entre cultivares na resposta aos níveis de nutrientes no solo tem estimulado a seleção de materiais adaptados a solos com baixa disponibilidade de nutrientes.

Segundo Brown (1976), o uso de boro pelas plantas é controlado geneticamente, sendo possível selecionar ou melhorar-las, adaptando-as a solos com deficiência ou excesso deste elemento.

Os genótipos podem ser classificados em diferentes categorias: a) responsivos ou não-responsivos à adição do nutriente ao solo e b) eficientes ou ineficientes na conversão dos nutrientes em matéria-sêca. No caso do B, a eficiência dos genótipos pode estar associada a um ou mais dos

seguintes mecanismos: a habilidade em absorver, distribuir e a utilizar o B. Genótipos eficientes são aqueles capazes de se desenvolver e gerar altas produções em solos nos quais outros genótipos são afetados pela deficiência (VOSE, 1987; RERKASEM; JAMJOD, 1997).

Estudos realizados por Wall e Andrus (1962) sobre o controle genético da eficiência no aproveitamento de B no tomate (*Lycopersicon esculentum*), indicaram que essa característica é monogênica recessiva. Já em beterraba (*Beta vulgaris* L.), Tehrani et al. (1971) encontraram um controle monogênico dominante.

Segundo Rerkasem e Jamjod (1997), as respostas ao B têm sido reportadas como sendo influenciadas por fatores ambientais, ocorrendo, portanto, interação genótipo x boro x ambiente.

O girassol tem grande tolerância a altas concentrações de B, mas cuidados devem ser tomados em sua aplicação, pois muitas das culturas cultivadas em sistema de rotação com o girassol são sensíveis; além disso, existe o risco de poluição ambiental com o B. Outra vez, vale reforçar o idéia de que uma das formas de amenizar o problema de deficiência deste elemento na cultura do girassol é a utilização de genótipos mais tolerantes aos baixos teores deste nutriente no solo (BLAMEY; ZOLLINGER; SCHNEITER, 1997; ASAD; BLAMEY; EDWARDS, 2001a). Fernandez et al. (1985) constataram diferenças na manifestação de sintomas de deficiência entre cultivares de girassol e sugeriram estudos mais detalhados.

Blamey, Mould e Chapman (1979) encontraram diferenças apreciáveis entre cultivares de girassol quanto as suas habilidades em absorver B de solos com baixos teores deste elemento, bem como do B aplicado.

Blamey, Vermeulen e Chapman (1984) estudaram a eficiência da absorção de B em girassol, utilizando dialelos parciais e descobriram que a concentração de B nas folhas e os sintomas visuais de deficiência, são características com alta herdabilidade,

predominando a ação gênica aditiva ou aditiva-epistática. Observaram também que a eficiência na absorção de B pode ser predita pela performance dos parentais. Não foi possível a identificação dos genes responsáveis pela eficiência na absorção, mas evidenciaram que existem fontes de germoplasma para a eficiência na absorção de B, e que essa característica não interfere no potencial de produção.

A definição de critérios e parâmetros para avaliação e seleção de genótipos de girassol eficientes na absorção e uso de B foram os objetivos de Furlani, Úngaro e Quaggio (1990), que concluíram existir potencial para o melhoramento genético do girassol para essa característica, e que a técnica de seleção de genótipos em solução nutritiva pode ser utilizada em apoio a programas de melhoramento.

## Agradecimentos

À Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior - CAPES - pelo auxílio financeiro prestado para o desenvolvimento deste trabalho.

## Referências

- ASAD, A.; BLAMEY, F. P. C.; EDWARDS, D. G. Boron nutrition of sunflower crops. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE GIRASSOL, 14., SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE A CULTURA DO GIRASSOL, 2., 2001, Rio Verde. *Resumos...* Rio Verde: FESURV/IAM, 2001a. p.14-19.
- ASAD, A.; BELL, R. W.; DELL, B. A critical comparison of the external and internal boron requirements for contrasting species in boron-buffered solution culture. *Plant and Soil*, Dordrecht, v.233, n.1, p.31-45, jun. 2001b.
- BALLA, A. J.; CASTRO, C. de; CASTIGLIONI, V. B. R.; SFREDO, G. J. Métodos e doses de aplicação de boro em girassol. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE GIRASSOL EL SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE A CULTURA DO GIRASSOL, 12., 1997, Campinas. *Resumos...* Campinas: Fundação Cargill, 1997. p.37-38.
- BLAMEY, F. P. C.; CHAPMAN, J. Differential response of two sunflower cultivars to boron fertilization. In: INTERNATIONAL SUNFLOWER CONFERENCE, 10., 1982, Surfers Paradise. *Proceedings...* Surfers Paradise: Australian Sunflower Association, 1982. p.92-94.

- BLAMEY, F. P. C.; MOULD, D.; CHAPMAN, J. Critical boron concentrations in plant tissues of two sunflower cultivars. *Agronomy Journal*, Madison, v.71, n.2, p.243-247, mar./apr. 1979.
- BLAMEY, F. P. C.; VERMEULEN, W. J.; CHAPMAN, J. Inheritance of boron status in sunflower. *Crop Science*, Madison, v.24, n.1, p.43-46, jan./feb. 1984.
- BLAMEY, F. P. C.; ZOLLINGER, R. K.; SCHNEITER, A. A. Sunflower production and culture. In: SCHNEITER, A. A. (Ed.). *Sunflower technology and production*. Madison: ASA/CSSA, 1997. p.595-670. (Agronomy, 35).
- BROWN, J. C. Iron deficiency and boron toxicity in alkaline soils. In: WRIGHT, M. J. (Ed.). Workshop on plant adaptation to mineral stress in problem soils, 1976, Beltsville. *Proceedings...* Ithaca: Cornell University, 1976. p.83-94.
- BROWN, J. C.; JONES, W. E. Fitting plants nutritionally to soils. *Agronomy Journal*, Madison, v.69, n.3, p.399-414, may/jun. 1977.
- CAKMAK, I.; KURZ, H.; MARSCHNER, H. Short-term effects of boron, germanium and high light intensity on membrane permeability in boron deficient leaves of sunflower. *Physiology Plantarum*, Copenhagen, v.95, n.1, p.11-18, sept. 1995.
- CAKMAK, I.; RÖMHELD, V. Boron deficiency-induced impairments of cellular functions in plants. *Plant and Soil*, Dordrecht, v.193, n.1-2, p.71-83, jun. 1997.
- CALLE MANZANO, C. L. de la. Carencia de boro en girassol. *Hojas Divulgadoras*, Madri, n.7, 12p, 1985.
- CAMARGO, O. A.; ALLEONI, L. R. F.; CASAGRANDE, J. C. Reações dos micronutrientes e elementos tóxicos no solo. In: FERREIRA, M. E. (Ed.). *Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura*. Jaboticabal: CNPq/FAPESP/POTAFOS, 2001. p.89-124.
- CASTRO, C. *Boro e estresse hídrico na nutrição e produção do girassol em casa de vegetação*. 1999. 120f. Tese (Doutorado em Nutrição) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1999.
- CASTRO, C.; CASTIGLIONI, V. B. R.; BALLA, A.; KARAM, D.; MELLO, H. C.; GUEDES, L. C. A.; FARIAS, J. R. B. *A cultura do girassol*. Londrina: EMBRAPA-CNPSo, 1996. 38p. (EMBRAPA-CNPSo. Circular Técnica, 13).
- COSTA, J. M.; OLIVEIRA, E. F. *Fertilidade do solo e nutrição de plantas*. Campo Mourão: COAMO, 2001. p.42-43.
- CRUZ, M. C. P.; NAKAMURA, A. M.; FERREIRA, M. E. Adsorção de boro pelo solo: efeito da concentração e do pH. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.22, n.6, p.621-626, jun. 1987.
- DALL'AGNOL, A.; CASTIGLIONI, V. B. R.; TOLEDO, J. F. F. A cultura do girassol no Brasil. In: PUIGNAU, J. (Ed.). *Mejoramiento genético de girasol*. Montevideo: PROCISUR, 1994. p.37-41. (IICA-PROCISUR. Diálogo, 41).
- DÍAZ-ZORITA, M. *Diagnóstico y manejo de la fertilización de cultivares de girasol*. General Villegas: INTA, 1998. 19p. (INTA General Villegas. Publicación técnica, 22).
- DÍAZ-ZORITA, M. Manejo de la nutrición mineral de cultivos de girasol. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE GIRASSOL, 14., SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE A CULTURA DO GIRASSOL, 2., 2001, Rio Verde. *Resumos...* Rio Verde: FESURV/IAM, 2001. p.5-13.
- EPSTEIN, E. *Nutrição mineral das plantas: princípios e perspectivas*. São Paulo: UNESP, 1975. 341p.
- FERNANDEZ, P. G.; GARCIA BAUDIN, C.; MADUENO ESQUINAS, T.; MELERO VARA, J. M. La deficiencia de boro en el girasol cultivado en España. In: INTERNATIONAL SUNFLOWER CONFERENCE, 11., 1985, Mar Del Plata. *Actas...* Buenos Aires: SRL, 1985. v.1, p.243-248.
- FLEMING, G. A. Essential micronutrients I: boron and molybdenum. In: DAVIES, B. E. (Ed.). *Applied soil trace elements*. New York: John Wiley and Sons, 1980. p.155-197.
- FURLANI, A. M. C.; ÚNGARO, M. R. G.; QUAGGIO, J. A. Comportamento diferencial de genótipos de girassol: eficiência na absorção e uso do boro. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.14, n.2, p.187-194, maio/ago. 1990.
- GOLDBERG, S. Reactions of boron with soils. *Plant and Soil*, Dordrecht, v.193, n.1/2, p.35-48, jun. 1997.
- HU, H.; BROWN, P. H. Absorption of boron by plant roots. *Plant and Soil*, Dordrecht, v.193, n.1/2, p.49-58, jun. 1997.
- HU, H.; PENN, S. G.; LEBRILLA, C. B.; BROWN, P. H. Isolation and characterization of soluble boron complexes in higher plants: the mechanism of phloem mobility of boron. *Plant Physiology*, Rockville, v.113, n.2, p.649-655, feb. 1997.
- JARVIS, B. C. Endogenous control of adventitious rooting in non woody cuttings. In: JACKSON, M. B. (Ed.). *New root formation in plants and cuttings*. Dordrecht: Martinus Nijhoff, 1986. p.191-222.
- KEREN, R.; BINGHAM, F. T.; RHOADES, J. D. Effect of clay mineral content in soil on boron uptake and yield of wheat. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v.49, n.6, p.1466-1470, nov./dec. 1985.
- LOPES, A. S.; SOUZA, E. C. A. Filosofias e eficiência de aplicação. In: FERREIRA, M. E. et al. (Ed.). *Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura*. Jaboticabal: CNPq/FAPESP/POTAFOS, 2001. p.255-282.

- MALAVOLTA, E.; BOARETTO, A. E.; PAULINO, V. T. Micronutrientes; uma visão geral. In: SIMPÓSIO SOBRE MICRONUTRIENTES NA AGRICULTURA, 1988, Jaboticabal. *Anais...* Jaboticabal: UNESP, 1988. v.1. p.1-74.
- MALAVOLTA, E.; KLIEMANN, H. J. *Desordens nutricionais no cerrado*. Piracicaba: Potafós, 1985.
- MARSCHNER, H. *Mineral nutrition of higher plants*. London: Academic Press, 1986.
- MATOH, T. Boron in plant cell walls. *Plant and Soil*, Dordrecht, v.193, n.1/2, p.59-70, jun. 1997.
- MORTVEDT, J. J. Micronutrient fertilizer technology. In: MORTVEDT, J. J.; COX, F. R.; SHUMEN, L. M.; WELCH, R. M. (Ed.). *Micronutrients in agriculture*. 2. ed. Madison: SSSA, 1991. p.523-548.
- OERTLI, J. J.; GRGUREVIC, E. Effect of pH on the absorption of boron by excised barley roots. *Agronomy Journal*, Geneva, v.67, n.2, p.278-280, mar./apr. 1975.
- POWER, P. P; WOODS, W. G. The chemistry of boron and its speciation in plants. *Plant and Soil*, Dordrecht, v.193, n.1/2, p.1-14, jun. 1997.
- RERKASEM, B.; JAMJOD, S. Genotypic variation in plant response to low boron and implications for plant breeding. *Plant and Soil*, Dordrecht, v.193, n.1/2, p.169-180, jun. 1997.
- SARIC, M. R. Theoretical and practical approaches to the specificity of mineral nutrition of plants. In: SARIC, M. R.; LOUGHMAN, B. C., (Ed.). *Genetic aspects of plant nutrition*. Dordrecht: Martinus Nijhoff, 1983. p.1-16. (Developments in plant and soil sciences, 8).
- SCHUSTER, C. E.; STEPHENSON, R. E. Sunflower as an indicator plant of boron deficiency in soils. *Journal of the American Society of Agronomy*, Geneva, v.32, n.8, p.607-621, aug. 1940.
- SHELP, B. J.; BROWN, P. H. Boron mobility in plants. *Physiology Plantarum*, Copenhagen, v.94, n.2, p.356-361, jun. 1995.
- SHORROCKS, V. M. The occurrence and correction of boron deficiency. *Plant and Soil*, Dordrecht, v.193, n.1/2, p.121-148, jun. 1997.
- TEHRANI, G.; MUNGER, H. M; ROBINSON, R. W.; SHANNON, S. Inheritance and physiology of response to low boron in red beet (*Beta vulgaris* L.). *Journal of the American Society for Horticultural Science*, St. Joseph, v.96, n.2, p.226-230, mar. 1971.
- UNGARO, M. R. G. *Cultura do Girassol*. Campinas: Instituto Agronômico, 2000. 36p. (Boletim técnico, 188).
- UNGER, P. W. Sunflower. In: STEWART, B. A.; NIELSEN, D. R. (Ed.). *Irrigation of agricultural crops*. Madison: American Society of Agronomy, 1990. p.775-794. (Agronomy, 30).
- VOSE, P. B. Genetical aspects of mineral nutrition – progress to date. In: GABELMAN, W. H.; LOUGHMAN, B. C. (Ed.). *Genetic aspects of plant mineral nutrition*. Dordrecht: Martinus Nijhoff, 1987. p.3-13.
- WALL, J. R.; ANDRUS, C. F. The inheritance and physiology of boron response in tomato. *American Journal of Botany*, Baltimore, v.49, n.7, p.758-762, aug. 1962.