

ABSORÇÃO E TRANSLOCAÇÃO DE BORO EM CAFEIEIRO – UMA REVISÃO

LEITE, Vagner Maximino

Departamento de Agronomia da Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal - FAEF.

RESUMO

Até pouco tempo atrás havia algumas certezas sobre o B, tais como a sua imobilidade e sua ação na translocação de açúcares. Hoje se sabe que o B é móvel em algumas espécies vegetais e que esta mobilidade está relacionada a alguns açúcares que translocam este nutriente. Estas descobertas foram mediadas pelo uso de isótopo estável, porém ainda não se chegou a um acordo se o B possui uma função fisiológica ou se os distúrbios provenientes de sua deficiência são decorrentes somente de sua função estrutural. A cultura do café é uma das mais importantes do Brasil e apresenta boas respostas a aplicação de B, mas na literatura são inúmeros os trabalhos que tratam das diferentes metodologias de aplicação do B e seu efeito na produtividade, porém poucos são esses que relacionam o elemento ao seu efeito fisiológico ou mesmo que concordam em seus resultados, devidos principalmente às diferentes fontes ou épocas de aplicação. Portanto este trabalho visa abordar um dos principais micronutrientes, com suas particularidades, e sua relação com a planta do cafeeiro, onde se encontram muitas perguntas e poucas respostas.

Palavras-chave: Nutrição de Plantas; Micronutriente; Açúcar Álcool; Poliois; *Coffea arabica*.

ABSTRACT

To short time behind there were some certainties about the B, as to its imobility and its action in the translocation of sugars. Nowadays is knew the B is mobile in some vegetables species and this mobility is related to some sugars that translocat this nutrient. These discoveries were mediated by the use of stable isotope (^{10}B), however still have not comprobe that the B has a physiological function or the disturbances originated from its deficiency are resulting only of its structural function. The coffee's crop is an of the more important of Brazil and presents response the application of B, but in the literature they are a lot of papers that try the peculiar metodologes of application of the B and the effect in the productivity, however few are those that they relate the element to the their physiological effect or even that they agree to his results, due mainly to the different sorce or time application. The aim this work is to approach one of the main micronutrients, with its particularities, and its relation with the coffee plant, where many questions are found and few answers.

Key-words: Plant nutrition; Micronutrient; Sugar-alcohol; Poliols; *Coffea arabica*.

INTRODUÇÃO

As pequenas quantidades de micronutrientes exigidas pelas plantas permitem que as necessidades das culturas sejam satisfeitas através da adubação foliar. Contudo, a baixa mobilidade de alguns elementos, especialmente do boro, faz com que sejam necessárias várias aplicações. Diferentemente da aplicação no solo, com a adubação foliar consegue-se aplicação mais uniforme e respostas mais rápidas, sendo possível corrigir eventuais deficiências ainda dentro do mesmo ciclo da cultura (Volkweiss, 1991).

No caso do cafeeiro, existe controvérsia quanto ao melhor modo de aplicação de B. Algumas vezes consegue-se boas respostas com aplicação foliar, em outras a aplicação via solo é melhor. Além disso, nem sempre um aumento no teor foliar significa aumento na produtividade. Por exemplo, Santinato et al. (1991) e Marubayashi et al. (1994) não encontraram correlação entre teor foliar e produtividade de café, ao contrário dos resultados obtidos por Lima Filho e Malavolta (1992) e Barros et al. (1996).

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1. Absorção e translocação de Boro

A absorção de B do solo por raízes é mais rápida do que a absorção e translocação de B aplicado via foliar em plantas de algodão, segundo Xie et al. (1992). Os autores observaram ainda que durante o crescimento vegetativo, o B foi translocado principalmente para pontos de crescimento e folhas jovens, enquanto que durante o crescimento reprodutivo, o nutriente foi translocado principalmente para folhas no caule principal e para folhas acompanhadas de órgãos reprodutivos. Concluíram, então que o B não foi facilmente remobilizado de folhas velhas, mas pode ser translocado de folhas fotossinteticamente ativas.

Obertli (1994) afirma que o boro não está distribuído homogeneamente nas plantas, mas acumulado em áreas marginais, topos de folhas e entre nervuras, sendo translocado com a corrente de transpiração. A concentração de B dentro da mesma folha pode variar em até 100 vezes, sendo que, desta forma, a análise foliar representa somente um valor médio do B contido nas folhas. O conteúdo também aumenta com a idade da planta e em casos extremos o B pode atingir níveis tóxicos em folhas velhas e estar deficiente em pontos de crescimento na mesma planta. A taxa de transpiração afeta grandemente o transporte de B dentro das folhas e sua distribuição.

Garate et al. (1984), cultivando tomates hidroponicamente com três níveis de B, encontraram resultados indicando que a absorção e translocação de B não são passivas, observando ainda a ocorrência de absorção ativa em meio deficiente e exclusão em meio tóxico em B. Os autores descreveram que há interação entre B e Mn, sendo aumentada a absorção de Mn em meio deficiente em B, e relativa imobilidade do Mn em raízes crescendo

em meio tóxico em B. Estes resultados são concordantes com os encontrados com Shelp et al. (1987), onde o B, mas não o Ca, foi retranslocado no floema das raízes quando seu suprimento foi restrito na solução nutritiva.

Picchioni et al. (1995) trabalharam com maçã, pêra, ameixa e cereja doce, e observaram que a absorção foliar de B marcado em folhas foi de 85-96%, 24 horas após a aplicação. Mais de 50% do B retido na superfície da folha, após a aplicação, foi absorvido e exportado depois de 6 horas da aplicação. Diferenças nas características da superfície da folha entre as espécies testadas influenciaram grandemente a quantidade de solução retida por unidade de área foliar. A capacidade de retenção foliar foi a determinante primária da quantidade de B absorvido pelas folhas após a aplicação foliar. Depois de extensiva documentação da imobilidade do B acumulado nas folhas naturalmente (do solo, por exemplo), o B acumulado pelas folhas, após aplicação foliar, foi altamente móvel nas 4 espécies testadas.

O uso de isótopo estável é um método efetivo e barato de monitoramento no estudo do movimento de B em plantas e solo. A aplicação de B enriquecido via foliar ou em solução nutritiva e sua recuperação em frutos e castanhas demonstram que este nutriente pode ser pelo menos parcialmente móvel no floema (BROWN et al. 1991). De acordo com os mesmos autores, isótopos enriquecidos foram efetivamente utilizados para monitorar a absorção de B por protoplastos isolados e plantas inteiras. O monitoramento de movimento do B no solo também foi observado com sucesso usando-se este processo.

As concentrações de B em folhas tratadas de maçã, pêra e ameixa diminuíram a níveis similares àsquelas de folhas não tratadas 9 dias após a aplicação, enquanto que em folhas de cerejeira tratadas, isso foi observado somente após 32 dias. O movimento do B aplicado foi estudado tratando folhas de cereja com soluções de B enriquecidas com isótopo estável B¹⁰. A determinação da concentração do isótopo indicou que o B aplicado moveu-se para fora das folhas e dentro dos tecidos. As maiores concentrações do B aplicado foram encontradas em gemas, seguidas pela cortiça e depois lenho (HANSON, 1991).

Shelp (1988) encontrou que a concentração de boro na seiva do xilema em plantas de brócolis diminuiu pela metade quando o B não foi aplicado, ou foi removido após um período de suprimento adequado, enquanto que a concentração no floema não foi afetada, desaparecendo o gradiente de concentração entre tecidos maduros e folhas drenos jovens. O autor concluiu que quando o B está em concentrações abaixo da ideal para a espécie, ele é retranslocado de folhas fonte através da corrente do floema, suprimindo as folhas em desenvolvimento e a inflorescência. Os resultados também sugerem que em níveis tóxicos, o B sofre extensiva transferência lateral, provavelmente de xilema à xilema, aumentando, desse modo, a concentração de B nos drenos em desenvolvimento. O B influencia a partição da matéria seca, retranslocação de muitos elementos e a síntese e distribuição de aminoácidos e açúcares, refletindo a natureza geral do envolvimento do B nos processos metabólicos da planta.

Shu et al. (1994), realizaram pulverizações simples ou múltiplas de B em plantas de pêssego, aplicando-o em pleno florescimento, em pleno florescimento e 2 semanas após, e

pleno florescimento e 4 semanas após. Não houve aumento nas concentrações de B em folhas e caules coletados 45, 75 e 105 dias após pleno florescimento. Pulverizando limbos individuais com 0, 200, 400, 600 ou 1200 mg L⁻¹ de B, os autores não notaram efeito sobre as concentrações foliares de B em partes aéreas de plantas coletadas 3 dias após o tratamento.

No estudo da aplicação de ¹⁰B sobre a superfície abaxial das folhas de pessegueiro encontrou-se o elemento marcado em todas as partes da planta após 4 horas do tratamento, exceto em raízes finas, onde o aparecimento deu-se após 8 horas. Altas concentrações de ¹⁰B em folhas tratadas, caules verdes, e raízes finas ocorreu 12 horas, 4 semanas e 72 horas após o tratamento, respectivamente. Por todo tempo, o conteúdo de ¹⁰B foi maior nas folhas (folha tratada>folha terminal>folha basal). No sistema radicular, as raízes finas apresentaram as maiores concentrações. O total de ¹⁰B absorvido foi pequeno (0,2% do aplicado), porém mais de 50% deste foi exportado das folhas tratadas (SHU; OBERLY; CARY, 1993).

Embora houvesse pouca discussão a respeito da imobilidade, ou limitada mobilidade de B no floema de plantas superiores, Brown e Hu (1996) obtiveram resultados contrários a este conceito clássico. Estudando 6 espécies de árvores em campo, com folhas tratadas com ¹⁰B, verificaram que, em espécies cujo açúcar mais abundante era o sorbitol, o B apresentou-se livremente móvel, enquanto que naquelas que apresentavam menos ou nenhum sorbitol, o B apresentou-se imóvel. Em espécies ricas em sorbitol, o ¹⁰B foi transportado das folhas tratadas aos frutos adjacentes, especificamente para os tecidos de frutos que se desenvolveram durante o período experimental. Somente uma pequena porcentagem do ¹¹B presente na folha foi retranslocado. Em espécies ricas em sorbitol, as concentrações de B foram similares em folhas jovens e velhas, e o tecido dos frutos apresentaram as maiores concentrações. Em espécies pobres em sorbitol, as concentrações de B foram maiores nas folhas velhas do que nas novas, sendo a ocorrência deste nutriente menor nos frutos.

Segundo Brown e Shelp (1997) o B movimenta-se na forma de complexos com polióis (açúcar-álcool), sendo que em alho, aipo, aspargo, couve-flor, café, cenoura, oliveira, feijão, ervilha, o manitol é encontrado em maior quantidade, porém as informações sobre a distribuição destes polióis em plantas superiores ainda são insuficientes.

Hu et al. (1997) relataram que o B está presente como complexo manitol-B-manitol na seiva do floema de plantas de aipo não tratadas. No néctar extrafloral de pêssago, o B está presente como sorbitol-B-sorbitol, frutose-B-frutose, ou sorbitol-B-frutose. Este descobrimento representou o primeiro sucesso no isolamento e caracterização de complexos de B solúveis de plantas superiores, e providenciou uma explicação mecânica para a mobilidade do B observada no floema destas espécies.

2. Boro em café

Segundo Haag et al. (1991), a insuficiência de zinco e boro é provocada pelo aumento do uso de insumos minerais, devido ao esgotamento da fertilidade natural da maioria dos solos e pelo uso de variedades de café mais produtivas. Nagai et al. (1974), observaram ainda que

as maiores concentrações foliares de B em folhas de café ocorreram durante o enchimento de grãos. Resultados obtidos por Catani et al. (1967a) mostram que há necessidade de suprimento contínuo de boro, cobre, ferro e molibdênio para os frutos de cafeeiro, sendo o B o elemento que sofre maior variação de conteúdo (aumento em 16 vezes) durante o crescimento do fruto.

A ordem decrescente de retirada total de micronutrientes para o café é: Cl>Fe>Mn>B>Zn>Cu>Mo. Como o Fe e o Mn são mais abundantes nos solos do Brasil, o maior problema encontra-se no B e Zn (CATANI et al, 1967b). A deficiência de boro, segundo Franco (1982), causa acentuada redução do sistema radicular pela morte das extremidades das raízes. Isto reduz a eficiência do sistema radicular na absorção de água e nutrientes tornando o cafeeiro mais sensível à seca e prejudicando possíveis respostas às adubações. Causa ainda o abortamento de flores e o chochamento de frutos, resultando em baixas produções.

O acúmulo de B pelo caule e ramos em plantas de café, no mês de julho (repouso) apresentou aumentos em função da idade das plantas, alcançando seu máximo em plantas de 5 anos, sendo que as folhas, nessa época, não apresentam diferenças entre idades. Em janeiro (granação) e junho (maturação), o caule, ramos e frutos apresentaram os maiores valores de concentração de B em cafeeiros de 5 anos, sendo que nas folhas não ocorreram diferenças entre idades no mês de janeiro, mas estas apresentaram aumentos em julho, sendo o máximo conteúdo de B encontrado em plantas de 4 anos. A quantidade total de B contida na parte aérea não mostrou diferenças para cafeeiros de 2 anos, porém plantas com 3, 4 e 5 anos apresentaram valores crescentes, atingindo o máximo em junho. Nas fases de granação e maturação, as menores proporções entre as quantidades de B contidas nas folhas e nos frutos foram encontrados em cafeeiros de 4 e 5 anos (CIETTO; HAAG, 1989).

A aplicação de ácido bórico a 0,3% em dezembro, fevereiro e abril proporcionou maior produção de café cv. Caturra, do que a aplicação de B via solo ou este associado a zinco, sendo que os teores foliares mostraram diminuição durante o período de crescimento do fruto, não apresentando correlação entre teor foliar de B e produção, segundo Marubayashi et al. (1994).

Resultados semelhantes foram obtidos por Santinato et al. (1991), em safra alta, café cv. Mundo Novo 379X19, quando aplicaram B após a florada fraca (início de setembro) e antes da florada forte (final de outubro), isoladamente ou em associação com Ca, o que promoveu aumento na produtividade e maior retenção de frutos (30% acima da apresentada pela testemunha). Em safra baixa, embora a tendência tenha sido a mesma, não foram encontradas diferenças entre tratamentos. Tratamentos com teores foliares de B semelhantes entre si não corresponderam necessariamente a produções semelhantes, portanto não sendo possível correlação entre estes.

Para o café Catuaí Amarelo, Lima Filho e Malavolta (1992) observaram correlações positivas entre B disponível no solo e Índice de Colheita Potencial, teores de água, B foliar e outros parâmetros vegetativos, sendo que para área foliar média a correlação foi negativa.

Barros et al. (1996) verificaram que o bórax, aplicado na cova ou em cobertura após o plantio de café, e a ulexita em cobertura, proporcionam maiores produções na primeira safra (acima de 40% sobre a testemunha), e a aplicação de ácido bórico a 0,3%, três vezes ao ano, produziu somente 8% acima da testemunha. Os teores foliares foram semelhantes entre plantas supridas com bórax na cova e ulexita em cobertura, e maiores do que as que receberam ácido bórico foliar, demonstrando possível relação de teor foliar com a produção. Contudo o uso de ulexita na cova e ácido bórico em cobertura via solo proporcionaram sintomas de fitotoxicidade com teores foliares semelhantes aos tratamentos que apresentaram maiores produções.

Santinato et al. (1991) concluíram que de 6 a 12 aplicações por ano com soluções na concentração de 0,25% de boro orgânico (10%B) não coincidentes com a florada, proporciona altas produtividades e mantém certa correlação entre teor foliar de B e produção.

Almeida e Matiello (1996) verificaram que a aplicação de ácido bórico foliar proporcionou produções semelhantes a testemunha, porém a aplicação de Solubor foliar apresentou maior produção (58% acima do ácido bórico). Os mesmos autores observaram ainda que os teores foliares para Solubor e ácido bórico praticamente não diferiram, mas foram inferiores aos dos tratamentos com B via solo, sendo que estes resultaram em maiores aumentos na produção em relação à testemunha.

CONCLUSÃO

A técnica do isótopo estável pode auxiliar em sobremaneira o entendimento das relações do B com os vegetais ao qual é essencial, porém muitas pesquisas ainda necessitam ser implementadas a fim de se conseguir uma concordância quanto a sua ação e função.

A cultura do cafeeiro necessita de pesquisas mais direcionadas, que possam demonstrar o por quê como e quando o B afeta a produtividade da planta, sendo assim mais conclusivas, o que nos permitirá uma recomendação efetivamente adequada e a possibilidade de encontrar variedades menos sensíveis e quem sabe até mesmo que transloquem o nutriente.

AGRADECIMENTOS

O autor agradece ao prof. Dr. Ciro Antonio Rosolem pela sua orientação e auxílio na correção do trabalho, e aos profs. Dr. Patrick H. Brown, Dr. Hening Hu e Dr. Nacer Bellaloui pelo auxílio na discussão e entendimento sobre alguns aspectos do assunto em questão.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ALMEIDA, S.R.; MATIELLO, J.B. Modos e novas fontes de fornecimento de Boro ao cafeeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 22. Águas de Lindóia, 1996. p. 83-4.

BARROS, U.V.; SANTINATO, R.; MATIELLO, J.B. Fontes, doses e método de aplicação de B no plantio de café na região da Zona da Mata em Minas Gerais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 22. Águas de Lindóia, 1996. p.117-8.

BROWN, P.H.; PICCHIONI, G.; JENKIN, M.; HU, H. Use of ICP-MS and B10 to trace the movement of boron in plants and soil. *International symposium on soil testing and plant analysis in the global community*. In: COMMUNICATIONS IN SOIL SCIENCE AND PLANT ANALYSIS. August 22-27, Orlando-Flórida, USA. 1991.

BROWN, P.H.; HU, H. Phloem mobility of boron is species dependent: evidence for phloem mobility in sorbitol-rich species. **Annals botany**. Oxford, v.77, n.5, p.497-505, 1996.

BROWN, P.H.; SHELP, B.J. Boron mobility in plants. **Plant soil**. Turrialba, n.193, p.85-101, 1997.

CATANI, R.A.; PELLEGRINO, D.; ALCARDE, J.C.; GRANER, C.A.F. Variação na concentração e na quantidade de macro e micronutrientes no fruto do cafeeiro, durante o seu desenvolvimento. **Anais da Escola Superior de Agricultura "Luis de Queiroz"**. Piracicaba, v. 24, p.249-63, 1967a.

CATANI, R.A.; PELLEGRINO, D.; BITTENCOURT, V.C.; JACINTHO, A.O.; GRANER, C.A.F. A concentração e a quantidade de micronutrientes e de alumínio no cafeeiro (*Coffea arabica*, L. var. Mundo Novo (B. Rodr.) Choussy), aos dez anos de idade. **Anais da Escola Superior de Agricultura "Luis de Queiroz"**. Piracicaba, v. 24, p.97-106, 1967b.

CIETTO, S.; HAAG, H.P. Nutrição mineral do cafeeiro III. Recrutamento de B, Cu, Fe, Mn e Zn pelo cafeeiro (*Coffea arabica* L. cv. Catuaí) com dois, três, quatro e cinco anos de idade; nas fases fenológicas de repouso, granação e maturação vegetando em um latossolo vermelho amarelo, fase cerrado. **Anais da Escola Superior de Agricultura "Luis de Queiroz"**. Piracicaba, v.46, n.2, p.403-31, 1989.

FRANCO, C.M. Micronutrientes na cultura do cafeeiro. In: FUNDAÇÃO CARGILL. **Micronutrientes**. Campinas. c.6, p.75-90, 1982.

GARATE, A.; CARPENA-RUIZ, R.O.; RAMON, A.M. Influence of boron on manganese and other nutrients in vascular fluid. **Anales de edafologia y agrobiologia**. Madrid, v.43, n.9-10, p.1467-77, 1984.

HAAG, H.P.; DECHEN, A.R.; CARMELLO, Q.A.C. Culturas estimulantes. In: SIMPÓSIO SOBRE MICRONUTRIENTES NA AGRICULTURA, Jaboticabal, 1998. **Anais...** p.501-48, 1991.

HANSON, E.J. Movement of boron out of tree fruit leaves. **Hortscience**. Alexandria, v.26, n.3, p.271-3. 1991.

HU, H.; PENN, S.G.; LEBRILLA, C.B.; BROWN, P.H. Isolation and characterization of soluble boron complexes in higher plants. The mechanisms of phloem mobility of boron. **Plant physiology**. Stanford, v.113, n.2, p.649-55, 1997.

- LIMA FILHO, O.F.; MALAVOLTA, E. Calibração de boro e zinco para o cafeeiro (*Coffea arabica* L. cv. Catuaí Amarelo). In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 20. Piracicaba. p.54-5. 1992
- MARUBAYASHI, O.M.; PEDROSO, P.A.C.; VITTI, G.C.; COSTA, W.M. Efeito de fontes e formas de aplicação de boro e zinco na cultura do cafeeiro. **Científica**. Jabotical, v.22. n.2, p.289-99, 1994.
- NAGAI, V.; IGUE, T.; HIROCE, R.; ABRAMIDES, E.; GALLO, J.R. Relação entre os nutrientes dosados nas folhas de cafeeiro. **Bragantia**. Campinas, v.33, p.131-4, 1974.
- OBERTLI, J.J. Non-homogeneity of boron distribution in plants and consequences for foliar diagnosis. **Communications in soil science and plant analysis**. Athens, v.25, n.7-8, p.1133-47, 1994.
- PICCHIONI, G.A.; WEINBAUM, S.A.; BROWN, P.H. Retention and kinetics of uptake and export of foliage-applied, labeled boron by apple, pear, prune, and sweet cherry leaves. **Journal american society horticultural science**. Alexandria, v.120, n.1, p.28-35, 1995.
- SANTINATO, R.; SENA, C.A.; SILVA, A.A.; CAMARGO, R.P. Efeitos de P, Ca e B via foliar no pegamento de florada e frutificação do cafeeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 17. p.36-8. 1991.
- SHELP, B.J. Boron mobility and nutrition in broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica*). **Annals of Botany**. Oxford, v.61, n.1, p. 83-91. 1988.
- SHELP, B.J.; SHATTUCK, V.I.; PROCTOR, J.T.A. Boron nutrition and mobility, and its relation to the elemental composition of greenhouse grown root crops. II. Radish. **Communications in soil science and plant analysis**. Athens, v.18, n.2, p.203-19. 1987.
- SHU, Z.H.; OBERLY, G.H.; CARY, E.E. Time course study on the mobility and pattern of distribution of foliar-applied boron in peaches. **Journal of plant nutrition**. New York, v.16, n.9, p.1661-73, 1993.
- SHU, Z.H.; OBERLY, G.H.; CARY, E.E.; RUTZKE, M. Absorption and translocation of boron applied to aerial tissues of fruiting 'Reliance' peach trees. **Hortscience**. Alexandria, v.29, n.1, p.25-7, 1994.
- VOLKWEISS, S.J. Fontes e métodos de aplicação. In: SIMPÓSIO SOBRE MICRONUTRIENTES NA AGRICULTURA, Jaboticabal, 1998. **Anais...** p.391-412, 1991.
- XIE, Q.; WEI, W.X.; WANG, Y.H. Studies on absorption, translocation and distribution of boron in cotton (*Gossypium hirsutum* L.). **Acta agronomica sinica**. Beijing, v.18, n.1, p.31-7, 1992.