



FONTES DE BORO NA PRODUÇÃO DO CAFEEIRO EM SOLO DE CERRADO

André Luís Teixeira Fernandes¹, Felipe Santinato²; Roberto Santinato³; Victor Michelin⁴

1. Eng. Agrônomo, Ms. Irrigação e Drenagem, Dr. Engenharia Agrícola, Professor e Pesquisador – Universidade de Uberaba e Faculdades Associadas de Uberaba, Av. Nenê Sabino, 1801 – Bloco M, CEP 38055 - 500, Uberaba, MG. Fone: (0xx34) 3319 8963, Fax: (0xx34) 3314-8910. E-mail: (andre.fernandes@uniube.br)
2. Acadêmico de Agronomia, UNESP, Jaboticabal – SP. E-mail: fpsantinato@hotmail.com
3. Engenheiro Agrônomo e Pesquisador, MAPA – Prócafé, Campinas - SP. E-mail: robertosantinato@agricultura.gov.br
4. Acadêmico de Agronomia, UNESP, Jaboticabal – SP. E-mail: (vi_michelin@hotmail.com)

Recebido em: 06/10/2012 – Aprovado em: 15/11/2012 – Publicado em: 30/11/2012

RESUMO

O Boro (B) é um dos micronutrientes que apresentam teores deficientes na maioria dos solos de cerrado, sendo obrigatória sua aplicação via solo ou foliar para explorar o máximo do potencial produtivo do cafeeiro. Muitos trabalhos evidenciam o aumento da produtividade com aplicações de B de diferentes fontes e, como o elemento não se movimenta pelo floema, as adubações via solo são mais eficientes. No presente trabalho, testaram-se nove fontes de B no cafeeiro Catuaí Vermelho IAC 51, plantado em Latossolo vermelho distrófico, no cerrado de Araguari, MG, com a finalidade de verificar qual das fontes promove maior produção aos cafeeiros em três safras consecutivas. A aplicação dos adubos à base de boro supriu a exigência nutricional do elemento no cafeeiro, refletindo em produtividades superiores que a da testemunha. A aplicação de ácido bórico via foliar foi o único tratamento insuficiente para manter o teor de B no solo dentro nos níveis adequados do nutriente para a cultura. A aplicação de ácido bórico via solo promoveu teor foliar superior ao nível máximo adequado para a cultura; no entanto; sem apresentar sintomas de toxidez.

PALAVRAS-CHAVE: *Coffea arabica* L., boro, micronutriente.

DIAGNOSIS OF LOCALIZED IRRIGATION SYSTEMS FOR COFFEE IN BRAZILIAN SAVANNAH UNDER DIFFERENT TECHNOLOGIES FOR WATER TREATMENT

ABSTRACT

Boron (B) is one of the micronutrients that have deficient levels in most soils of savannah, in soil application to explore the maximum potential yield of coffee. Many studies show increased productivity applications with different sources of B, as the

ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v.8, n.15; p. **954** 2012

element does not move the phloem, the fertilizers in the soil are more efficient. In this study, we tested nine sources of B in coffee IAC 51, planted in Oxisol, in the cerrado of Araguari, MG, in order to check which promotes more sources to coffee production in three consecutive seasons. The application of fertilizers based on boron supplied the nutritional requirement of the element in coffee, reflecting higher yields than the control. The boric acid was the only foliar treatment insufficient to maintain the B content in the soil nutrient levels appropriate for the culture. The boric acid in the soil promoted foliar exceeding the maximum level appropriate to the culture, however, no symptoms of toxicity.

KEYWORDS: *Coffea arabica* L., boron, micronutrients.

INTRODUÇÃO

O cerrado brasileiro produz café de excelente qualidade devido às condições climáticas dessa região, que propiciam duas estações bem definidas, verão chuvoso e inverno seco, garantindo suprimento hídrico nas fases de desenvolvimento dos frutos e clima seco durante a colheita (FERNANDES et al., 2012). A baixa produtividade das plantas cultivadas em muitos solos do mundo deve-se, em grande parte, ao excesso ou à deficiência de elementos minerais (AMARAL et al., 2011). Especificamente nos cultivos realizados em áreas de cerrado, as deficiências são sempre mais importantes.

Os micronutrientes são tão importantes quanto os macronutrientes para a nutrição das plantas, embora as plantas necessitem dos mesmos em quantidades menores que as dos macronutrientes. A falta de qualquer um dos micronutrientes no solo pode limitar o crescimento e a produção das plantas, mesmo quando os outros nutrientes essenciais estejam presentes em quantidades adequadas (CARMO et al., 2012). Os principais micronutrientes requeridos pelo cafeeiro são boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn), os quais, requeridos em pequenas quantidades, são de grande importância para o crescimento, desenvolvimento e produção do cafeeiro.

O Boro é um dos micronutrientes que apresentam teores deficientes na maioria dos solos de Cerrado, sendo obrigatória sua aplicação via solo ou foliar para explorar o máximo do potencial produtivo do cafeeiro. Nas lavouras de média produtividade, no ano de alta produção, observaram-se percentuais elevados de problemas com Cu, Fe, Zn e B (MARTINEZ et al., 2003). O boro atua na divisão, na diferenciação celular, no metabolismo e no transporte de carboidratos. Participa também da síntese de compostos da parede celular, do processo reprodutivo, afetando a polinização, do crescimento e direcionamento quimiotrópico do tubo polínico e da produção de frutos e sementes (COETZER et al., 1990), também evita a queda prematura das flores.

Qualitativamente importante, o boro atua transportes de açúcares, proteínas e nutrientes, principalmente do cálcio, para os frutos e outras partes do cafeeiro. Atua na síntese de ácidos nucleicos, fitormônios, e substâncias fenólicas. Participa dos processos de divisão celular, crescimentos de tecidos jovens, formação da parede celular, fecundação da flor pelo grão de pólen e desenvolvimento do tubo polínico (SANTINATO; FERNANDES, 2012). Além de ser importante no enraizamento de estacas caulinares, beneficiando a produção de mudas de cafeeiro (ONO et al., 1992).

Segundo LUZA e POLITO (1985), pequenas quantidades de boro adicionado ao meio melhoram a germinação e o crescimento do tubo polínico e diminuem a probabilidade destes se romperem. A reserva de boro nas sementes também é extremamente importante, pois sementes deficientes têm baixo poder germinativo e, além disso, irão gerar plântulas anormais.

A deficiência de boro no café está amplamente difundida nas plantações brasileiras, e sua correção através de fertilizantes boratados é irregular, dependendo da safra, do modo e tempo de aplicação e da fonte de B utilizada (ROSOLEM et al., 2007). Para que ocorra deficiência deste nutriente, contribuem os baixos teores no solo (menos de 0,5 a 1,0 mg dm⁻³), o excesso de calagem, o excesso de potássio, falta de cobre e longos períodos de estiagem ou de muita chuva. Com relação ao excesso de calagem, o íon borato, tem sua adsorção a sesquióxidos e minerais de argila aumentada com o aumento do pH, o que limita sua disponibilidade para as plantas (LOOMIS & DURST, 1992). A carência aparece nas folhas novas, que ficam deformadas, afiladas, pequenas e com bordas arredondadas. Muitos trabalhos evidenciam o aumento da produtividade com aplicações de B de diferentes fontes, e como ele não se movimenta pelo floema as adubações via solo parecem ser mais eficientes (FAGUNDES et al., 2010).

Tratando-se de um micronutriente, o B é aplicado em baixas dosagens, principalmente em plantas jovens de cafeeiro. A superestimação no cálculo da dosagem ou ainda o insucesso na aplicação podem ocasionar na intoxicação da planta por seu excesso. Outro fator citado por LAVIOLA et al. (2007) é que em altitudes superiores a 720 m ocorre aumento da velocidade de acúmulo de micronutrientes no cafeeiro.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Campo Experimental Izidoro Bronzi, pertencente à ACA (Associação dos Cafeicultores de Araguari), em Araguari, MG, em cafeeiro cultivar Catuai Vermelho IAC 51 (*Coffa Arabica* L). A lavoura foi estabelecida em 2001, com espaçamento de 3,7 m entre linhas e 0,7 m entre plantas, com 3.861 plantas ha⁻¹. O local situa-se nas proximidades das coordenadas geodésicas 18°33'21,9" latitude Sul e 48°12'25" longitude Oeste, na região do cerrado mineiro, com altitude média de 933 m, declividade de 3%, em um Latossolo amarelo distrófico, segundo critérios da EMBRAPA (2006). A lavoura foi irrigada pelo sistema de gotejamento superficial, com manejo da irrigação feito por critérios climatológicos.

Próximo ao experimento está instalada uma estação agrometeorológica automática com medição contínua dos seguintes elementos meteorológicos: umidade relativa, temperatura média, máxima e mínima, radiação solar global, precipitação, velocidade e direção do vento. Os dados são utilizados para o cálculo do balanço hídrico climatológico da região e para o monitoramento ambiental, principalmente para decisões da melhor época para as pulverizações, dependendo dos dados medidos de temperatura, umidade relativa e velocidade de vento. Na Figura 1, consta o extrato do balanço hídrico normal para a região, com déficit hídrico anual de 155 mm, concentrado no período de abril a setembro.

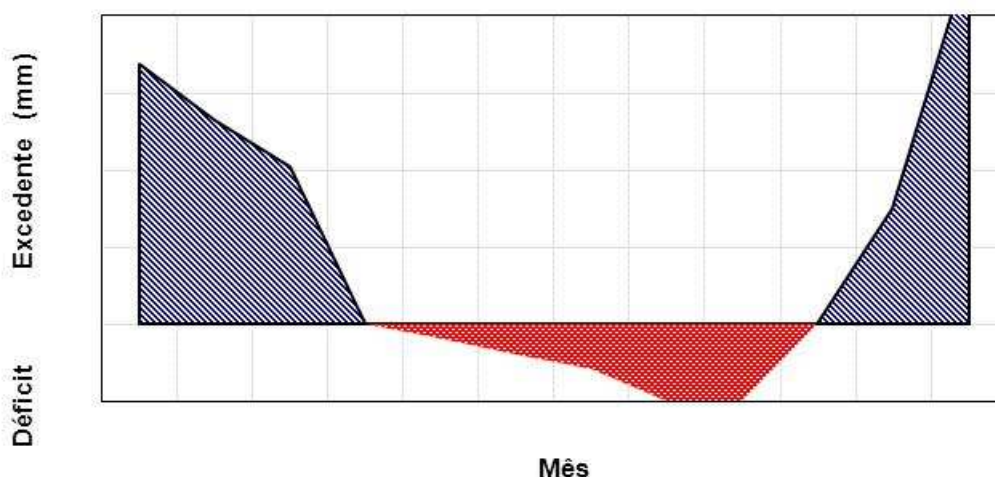


FIGURA 1 – Extrato do balanço hídrico normal para a região, Campo Experimental Izidoro Bronzi, Araguari, MG.

Os tratamentos utilizados foram: nenhuma adubação boratada (testemunha – T1); ácido bórico via foliar (0,5% de B) (T2); água boro via foliar (0,4% de B) (T3); boro líquido via foliar (0,8% de B) (T4); Ulexita via solo (15% de B) (T5); hidro ulexita via solo (9% de B) (T6); hidro ulexita via solo (11% de B) (T7); tri ulexita granulado via solo (10% de B) (T8) e ácido bórico via solo (17,5% de B) (T9). Os tratamentos T2, T3 e T4 foram aplicados via foliar, parcelados quatro vezes ao longo de cada ano de condução do experimento, em Outubro, Dezembro, Fevereiro e Março. Os demais tratamentos foram aplicados via solo, bianualmente, nos meses de Outubro, nas seguintes doses: 28,3 kg ha⁻¹ de ulexita; 47,2 kg ha⁻¹ de hidro ulexita 9%; 38,6 kg ha⁻¹ de hidro ulexita 11%; 42,5 kg ha⁻¹ de tri ulexita granulado e 26 kg ha⁻¹ de ácido bórico.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, sendo nove tratamentos e quatro repetições, em parcelas uniformes de 30 metros, sendo úteis para as avaliações os 10 metros centrais. A análise estatística dos resultados foi baseada na análise de variância e, quando significativa, foi aplicado o teste de Duncan a 5% de probabilidade.

Anterior à execução do estudo, coletou-se o solo na profundidade de 0 a 0,2 m na projeção da saia dos cafeeiros dos dois lados da linha de café, em quatro amostras simples por parcela para gerar uma amostra composta. As análises de laboratório revelaram que o teor médio de B no solo utilizado para o experimento era de 0,2 mg dm⁻³, valor considerado abaixo do nível recomendado para a cultura (MATIELLO et al., 2010).

As avaliações constaram das produções de 2010 (1ª Safra) 2011 (2ª Safra) e 2012 (3ª Safra). O café derriçado em cada célula amostral foi separado quanto ao estágio fisiológico, mensurado em recipiente graduado e posteriormente convertido para o equivalente em café beneficiado (kg ha⁻¹), conforme descrito por REIS (2008). As folhas do 3º e 4º pares foram coletadas no terço médio dos cafeeiros nos dois lados da linha de café e com 50 pares por parcela para proceder a análise foliar, verificando os teores de B nas folhas.

Os demais tratamentos nutricionais, fitossanitários e culturais foram efetuados com base nas recomendações vigentes para a região pelo MAPA – PROCAFÉ (MATIELLO et al., 2010).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisando-se os resultados apresentados na Tabela 1, verifica-se que, em curto prazo (1ª safra), a aplicação dos adubos boratados, tanto foliares quanto os via solo, não acarretaram em acréscimos significativos nos valores de produção em relação ao tratamento onde não aplicou o micronutriente. Na segunda safra, apenas os resultados de produção dos tratamentos com hidro ulexita (11%) e tri ulexita granulado não diferiram estatisticamente da testemunha, ao contrario dos demais, que mostraram incrementos de produção, com destaque para o ácido bórico aplicado via foliar com produção de 62,3 sacas de café beneficiadas ha⁻¹. Na terceira safra avaliada, todos os tratamentos boratados se mostraram superiores à testemunha.

De maneira geral, na média das três safras avaliadas, a aplicação de B resultou em aumentos significativos na produtividade do cafeeiro, sendo as doses suficientes para atender a exigência nutricional das plantas, garantindo boa floração e refletindo elevadas produtividades. Ao aplicar B, independentemente da fonte e da forma de aplicação, em um solo com baixo teor de B, como é o caso do presente estudo, verificaram-se aumentos de produção. Em trabalho de FAGUNDES et al. (2010), conduzido no Sul de Minas Gerais, em solo com teores superiores de B, não se verificou aumento significativo de produtividade com a aplicação de algumas fontes de boro.

TABELA 1 – Resultados das produções de café nas safras de 2010, 2011, 2012 e a média das três safras em função das fontes e formas de aplicação de B nas plantas.

| Tratamentos | Produção (Sacas de café beneficiadas ha ⁻¹) | | | | |
|---|---|---------|---------|---------|-----|
| | 2010 | 2011 | 2012 | Média | R% |
| 1- Testemunha | 26,1 a | 39,3 b | 13,3 b | 26,3 b | 100 |
| 2- Ácido Bórico (0,5%) (4x ano - foliar) | 29,1 a | 58,5 ab | 24,6 ab | 37,4 a | +42 |
| 3- Agua Boro (0,4%) (4x ano - foliar) | 38,4 a | 50,6 ab | 32,2 a | 40,4 a | +53 |
| 4- Boro líquido (0,8%) (4x ano - foliar) | 38,2 a | 56,1 ab | 30,9 a | 41,7 a | +58 |
| 5- Ulexita (15%) - 28,3 kg ha ⁻¹ | 30,3 a | 54,2 ab | 29,7 a | 38,1 a | +45 |
| 6- Hidro Ulexita (9%) - 47,2 kg ha ⁻¹ | 30,2 a | 58,8 ab | 24,4 ab | 37,8 a | +43 |
| 7- Hidro Ulexita (11%) - 38,6 kg ha ⁻¹ | 23,8 a | 49,4 b | 29,2 a | 34,1 ab | +29 |
| 8- Tri Ulexita granulado (10%) 42,5 kg ha ⁻¹ | 35,0 a | 40,1 b | 33,4 a | 36,2 ab | +37 |
| 9- Ácido Borico (17,5%) - 26 kg ha ⁻¹ | 27,1 a | 62,3 a | 36,3 a | 41,9 a | +59 |
| CV% (Ducan a 5%) | 37,93 | 30,91 | 26,09 | 32,84 | |

*Tratamentos seguidos das mesmas letras nas colunas não diferem entre si pelo teste de Ducan a 5% de probabilidade.

Na Tabela 2, constam os valores dos teores de boro no solo em estudo em função das fontes do nutriente aplicadas. Verifica-se que somente os tratamentos T1 e T2 apresentaram teores de B no solo inferiores ao nível mínimo adequado para a cultura do cafeeiro, sendo menores que 0,5 mg kg⁻¹. O tratamento com ácido bórico via solo promoveu o maior valor de teor de B no solo, com valor notadamente superior aos demais.

Os teores foliares de B no cafeeiro em função dos tratamentos estudados também estão dispostos na Tabela 2. Verifica-se que todos os tratamentos promoveram teores foliares dentro dos níveis adequados para a cultura (MATIELLO et al., 2010) que é de 40 a 80 mg kg⁻¹, exceto para T9, que promoveu teor superior

ao nível máximo recomendado, porém sem apresentar qualquer indício de sintomas de toxidez do micronutriente. Vale ressaltar que o risco de toxicidade de B nas plantas é grande, pois a faixa crítica dos teores foliares para a suficiência e a toxicidade é relativamente estreita para as culturas em geral.

SANTINATO et al. (2012), trabalhando com doses elevadas de ácido bórico aplicadas via solo em cafeeiro jovem, verificaram que as doses mais elevadas do micronutriente promoveram decréscimo de 10 sacas de café beneficiadas ha⁻¹; porém, ainda sem apresentar sintomas de toxidez. Normalmente, os sintomas de toxicidade são caracterizados pelo surgimento nas folhas velhas de manchas verde-amarelo, evoluindo para o aparecimento de pequenas manchas escuras e queima total nas bordas das folhas (MATIELLO et al., 2009). Embora dentro dos níveis adequados para a cultura, o teor foliar de B nas plantas não adubadas com o nutriente ficou muito próximo da faixa limiar, 49 mg kg⁻¹.

TABELA 2 - Teores de B no solo e nas folhas, avaliações realizadas no 2º ano de condução do experimento (2011).

| Tratamentos | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 | T7 | T8 | T9 |
|-------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Teor no solo (mg kg ⁻¹) | 0,37 | 0,47 | 0,55 | 0,59 | 1,18 | 1,31 | 1,65 | 1,43 | 2,15 |
| Teor foliar (mg kg ⁻¹) | 49 | 76 | 72 | 84 | 73 | 82 | 69 | 67 | 64 |

CONCLUSÕES

A aplicação dos adubos boratados supriu a exigência nutricional do B no cafeeiro refletindo em produtividades superiores à testemunha.

A aplicação de ácido bórico via foliar foi o único tratamento à base de boro insuficiente para manter o teor do elemento no solo dentro nos níveis adequados do nutriente para a cultura.

A aplicação de ácido bórico via solo promoveu teor foliar superior ao nível máximo adequado para a cultura; no entanto, sem apresentar sintomas de toxidez.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARAL, J.F.T. et al. Produtividade e eficiência de uso de nutrientes por cultivares de cafeeiro. **Coffee Science**, Lavras, v.6, n.1, p.65-74, jan.abr.2011.

CARMO, D.L. et al. Micronutrientes em solo e folha de cafeeiro sob sistema agroflorestal no sul de Minas Gerais. **Coffee Science**, Lavras, v.7, n.1, p.76-83, jan.abr.2012.

COETZER, L. A.; ROBBERTSE, P. J.; STOFFEBERG, E.; HOLTZHAUSEN, L. S.; BERNARD, R. O. The edect of boron on reproduction in tomato (*Lycopersicum esculatum*) and bean (*Phaseolus vulgaris*) **Plant Grond**, Tydeskr, v.7, n.4, p.212-17, 1990.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema Brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Brasília, DF, 2006 Rio de Janeiro. 412 p.

FAGUNDES, A.V.; GARCIA, A.W.R.; REIS, R.P.; ANDRADE, R.J. Aplicação de boro via líquida ou sólida no solo em cafeeiros em formação. In: Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, 36. Guarapari. **Trabalhos apresentados...**, Rio de Janeiro: PROCAFÉ, 2010. p. 56-57.

FERNANDES, A.L.T.; PARTELLI, F.L.; BONOMO, R.; GOLYNSKI, A. A moderna cafeicultura dos cerrados brasileiros. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 42, n. 2, p. 231-40, 2012.

LAVIOLA, B.G.; MARTINEZ, H.E.P.; SALOMÃO, L.C.C.; CRUZ, C.D.; MENDONÇA, S.M.; ROSADO, L.D.S. Acúmulo de nutrientes em frutos de cafeeiro em duas altitudes de cultivo: micronutrientes. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 31:1439-1449, 2007.

LOOMIS, W. D.; DURST, R. W. Chemistry and biology of boron. **Biofactors**, Oxford, v. 3, n. 4, p. 229-239, 1992. .

LUZA, J.G.; POLITO, V.S. In vitro germination and storage of english walnut pollen. **Sci. Hortic.**, Amsterdam, v 27, p. 303-16, 1985.

MARTINEZ, H.E.P.; MENEZES, J.F.S.; SOUZA, R.B.; VENEGAS, V.H.A.; GUIMARÃES, P.T.G. Faixas críticas de concentrações de nutrientes e avaliação do estado nutricional de cafeeiros em quatro regiões de Minas Gerais **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 6, p. 703-13, jun. 2003

MATIELLO, J.B.; GARCIA, A.W.; ALMEIDA, S.R.; Toxidez de boro prejudica mais cafeeiros jovens. In: **Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras**, 35. Araxá. Rio de Janeiro: PROCAFÉ, 2009. p. 23-24.

MATIELLO, J.B.; SANTINATO, R.; GARCIA, A.W.R.; ALMEIDA, S.R.A.; FERNANDES, D.R. **Cultura do Café no Brasil, Manual de Recomendações**. Rio de Janeiro e Varginha: Fundação Procafé, 2010. 542p.

ONO, E.O.; RODRIGUES, J.D.; PINHO, S.Z. Interações entre auxinas e ácido bórico, no enraizamento de estacas caulinares de *Coffea arabica* L. cv. mundo novo. **Scientia Agricola**, Piracicaba, 49(1):23-27, 1992.

REIS, T.H.P.; SOARES, T.L.; GUIMARÃES, GONTIJO, P.T. Informações úteis no planejamento e no gerenciamento da atividade cafeeira. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.29, n. 247, p. 112-27, 2008.

ROSOLEM, C.A.; LEITE, V.M. Coffee leaf and stem anatomy under boron deficiency. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 31:477-483, 2007

SANTINATO, F.; CASTANEHIRA, F.L.; PRADO, R.M.; SANTINATO, R. Efeito da aplicação de doses elevadas de ácido bórico em cafeeiro jovem, Catuaí Vermelho IAC 144. In: **Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras**, 38. Caxambu. Rio de Janeiro: PROCAFÉ, 2012. p. 243-44.

SANTINATO; R.; FERNANDES, A.L.T. **Cultivo do cafeeiro irrigado por gotejamento**. 2.ed., Uberaba: Autores, 376p., 2012.

