

TEORES FOLIARES DE COBRE NO CAFEEIRO ARÁBICA SUBMETIDO AOS EFEITOS DA ADIÇÃO DE CAL AO SULFATO DE COBRE

Sebastião Vinícius Batista Brinate¹; Daniel Soares Ferreira²; Marcelo Antonio Tomaz³; Lima Deleon Martins⁴; Wagner Nunes Rodrigues⁵; Tafarel Victor Colodeti⁶; Vinícius Vieira Cunha⁷; Gustavo Nogueira Guedes Pereira Rosa⁸; Rodrigo da Silva Oliveira⁹; Anderson de Jesus Sotero¹⁰; Waldir Cintra de Jesus Junior¹¹; José Francisco Teixeira do Amaral¹²

¹Centro de Ciências Agrárias-UFES, Doutorando em Produção Vegetal, brinatesvb@gmail.com

²Centro de Ciências Agrárias-UFES, Iniciação científica, danielufes@live.com

³Centro de Ciências Agrárias-UFES, Professor Adjunto, tomaz@cca.ufes.br

⁴Centro de Ciências Agrárias-UFES, Doutorando em Produção Vegetal, deleon_lima@hotmail.com

⁵Centro de Ciências Agrárias-UFES, Pós-doutorando em Produção Vegetal, wagnernunes86@hotmail.com

⁶Centro de Ciências Agrárias-UFES, Mestrando em Produção Vegetal, tafarecolodetti@hotmail.com

⁷Fertilizantes Heringer S.A., vinicius.cunha@heringer.com.br

⁸Syngenta Proteção de Cultivos Ltda, gustavongpr@hotmail.com

⁹Fertilizantes Heringer S.A., rodrigo.oliveira@heringer.com.br

¹⁰Fertilizantes Heringer S.A., anderson.sotero@heringer.com.br

¹¹Centro de Ciências Naturais-UFSCar, Professor Adjunto, wcintra@yahoo.com

¹²Centro de Ciências Agrárias-UFES, Professor Adjunto, jfamaral@cca.ufes.br

RESUMO: Requeridos em pequenas quantidades, os micronutrientes são de grande importância para o desenvolvimento e produtividade do cafeeiro, tendo o cobre (Cu), destaque especial devido à sua capacidade de aliar o efeito nutricional a outros efeitos benéficos a planta, como vigor e retenção foliar, além de sua ação na prevenção de doenças. O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência do suprimento de cobre através das fontes sulfato de cobre e sulfato de cobre adicionado de cal na nutrição de plantas de cafeeiro arábica em condições de campo. O experimento foi implantado no Centro de Pesquisas Cafeeiras "Eloy Carlos Heringer" (CEPEC), em Martins Soares, Minas Gerais, Brasil, em plantas de cafeeiro arábica. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, em esquema de parcelas subdivididas no tempo, com três repetições, onde foi utilizado Sulfato de Cobre e Sulfato de cobre adicionado de cal como tratamentos, avaliados por dois ciclos de cultivo. Os tratamentos foram aplicados em três pulverizações espaçadas de 30 dias. Antes da primeira pulverização e 30 dias após cada pulverização foi realizada a coleta de folhas para análise nutricional. Para as condições estudadas, o suprimento de Cu ao cafeeiro arábica proporcionou maior teor deste nutriente nos tecidos foliares, e a adição de cal ao sulfato de cobre proporcionou maiores incrementos foliares de Cu.

PALAVRA-CHAVE: *Coffea arabica*, *Hemileia vastatrix*, manejo, produtividade.

LEVELS OF COPPER IN LEAVES OF ARABICA COFFEE SUBMITTED TO THE EFFECTS OF THE ADDITION OF CAL TO THE COPPER SULFATE

ABSTRACT: Required in small amounts, micronutrients are of great importance for the development and productivity of coffee, and copper (Cu), special attention because of its ability to combine the nutritional effect of other beneficial effects on plant, as vigor and leaf retention, in addition to its action in preventing disease. The objective of this study was to evaluate the influence of copper supply sources through the copper sulfate and copper sulfate added lime nutrition arabica coffee plants under field conditions. The experiment was carried out at the Centre for Research coffee "Eloy Carlos Heringer" (CEPEC), in Martins Soares, Minas Gerais, Brazil, in arabica coffee plants. The experimental design was a randomized block in schema split plot with three replications, where it was used copper sulfate and copper sulfate added lime as treatments, evaluated by two cycles of cultivation. The treatments were applied in three spaced sprays of 30 days. Before the first application and 30 days after each spray collecting sheets for nutritional analysis was performed. For the conditions studied, the supply of Cu to arabic coffee provided higher levels of this nutrient in the leaves, and the addition of lime to the copper sulphate provides larger foliar increments Cu.

KEYWORDS: *Coffea arabica*, *Hemileia vastatrix*, management, productivity.

INTRODUÇÃO

No Brasil, a cafeicultura está implantada em regiões características de baixa disponibilidade de alguns micronutrientes, sendo comum a observação de sintomas de deficiência nas lavouras (MARTINEZ et al., 2003, GUIMARÃES et al., 2011). Apesar de requeridos em pequenas quantidades, os micronutrientes são de grande importância para o crescimento, desenvolvimento e produção do cafeeiro, tendo B, Cu, Fe, Mn e Zn como os principais (LAVIOLA, et al., 2007).

Mesmo conhecendo a importância dos micronutrientes, muitos produtores ainda ignoram suas essencialidades, cultivando o cafeeiro com o suprimento apenas dos macronutrientes, tornando assim de grande necessidade, estudos mais aprofundados e conclusivos sobre a importância desses elementos para o desenvolvimento e produção do cafeeiro. No estudo dos micronutrientes, o cobre (Cu) tem recebido uma atenção especial, devido à sua capacidade de aliar o efeito nutricional, desencadeando uma série de benefícios a planta, a possibilidade de manejo de doenças, além do efeito tônico proporcionado, influenciando no vigor e retenção de folhas nas plantas (CUNHA; MENDES; CHALFOUN, 2004), repercutindo assim em maior desenvolvimento e produtividade.

Isso ocorre devido aos íons de Cu atuarem como cofatores em várias enzimas, como a Cu/Zn superóxido-dismutase (SOD), oxidase do citocromo c, amino oxidase, lacase, plastocianina e polifenol oxidase, além de desempenhar um papel essencial a nível celular, na sinalização de transcrição e maquinaria de tráfego proteico, fosforilação oxidativa e mobilização de ferro (YRUELA, 2005). O Cu também atua na formação e fertilização do pólen (TAIZ; ZEIGER, 2013), refletindo assim na produção de frutos.

Sua deficiência afeta o aparelho fotossintético, indiretamente, via mudanças no grau de saturação dos lipídeos da membrana do tilacóide, e através de alterações nas estruturas dos cloroplastos (MAKSYMIEC 1997). Com isso, as folhas ficam verde-escuras, podendo conter manchas cloróticas, ficarem retorcidas ou malformadas, e até cair prematuramente (TAIZ; ZEIGER, 2013). Na anatomia foliar, a deficiência de Cu prejudica a lignificação das paredes celulares de folhas e vasos xilêmicos (MARSCHNER, 2012), deixando a planta com maior vulnerabilidade a patógenos e a demais formas de estresses bióticos.

Sendo assim, verifica-se no cobre, como um nutriente de extrema importância a cafeicultura, atuando no desenvolvimento das plantas e na prevenção de doenças, sendo assim um grande aliado do cafeicultor no manejo de suas lavouras, onde a forma mais eficiente de suprimento ocorre via foliar, porém, o seu fornecimento deve ocorrer de forma racional e equilibrada (GUIMARÃES et al., 2011).

Diante disso, objetivou-se neste trabalho avaliar a influência do suprimento de cobre através das fontes sulfato de cobre e sulfato de cobre adicionado de cal, nos teores foliares deste nutriente, em plantas de cafeeiro arábica em condições de campo.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi implantado no Centro de Pesquisas Cafeeiras Eloy Carlos Heringer (CEPEC), localizado no Município de Martins Soares, MG (20°14'45"S e 41°50'47" W, a 763 m de altitude). O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Cwa, mesotérmico com verões úmidos.

O solo da área foi caracterizado como Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico (SANTOS et al., 2006), com as características químicas apresentadas na Tabela 1. Antes da implantação do experimento foi feita a calagem e adubação do solo de acordo com o recomendado (GUIMARÃES et al., 1999).

O experimento foi implantado em fevereiro de 2012, conduzido e avaliado até setembro de 2013, onde as plantas utilizadas foram cafeeiros da variedade Catuaí Vermelho 44, no espaçamento de 2,5 x 0,8 m, com idade de 15 anos, recepadados em setembro de 2010. Em dezembro de 2011 foi feita a análise dos teores nutricionais dos tecidos foliares das plantas utilizadas (Tabela 1).

Tabela 1. Análise dos teores nutricionais dos tecidos foliares das plantas de café utilizadas, em dezembro de 2011. CEPEC, Martins Soares, MG

N	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Fe	Mn	Cu	B
2,91	0,16	2,45	0,83	0,21	0,23	7,60	91,41	32,70	14,75	33,00

Macronutrientes (N; P; K; Ca; Mg e S): dag/kg; e micronutrientes (Zn; Fe; Mn; Cu e B): mg/kg.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, em esquema de parcelas subdivididas no tempo, com três repetições. Nas parcelas foram avaliados os dois tratamentos à base de cobre (Sulfato de cobre e Sulfato de cobre + Cal) e o controle, na subparcela foi avaliada a influência do ciclo decorrente ao ensaio, onde nesse esquema foram estudados os teores de cobre nos tecidos foliares verdes do cafeeiro.

As parcelas experimentais foram constituídas por quatro fileiras de 10 plantas, considerando-se como área útil as duas fileiras centrais e seis plantas de cada fileira, totalizando 12 plantas.

A aplicação dos tratamentos ocorreu em três pulverizações, espaçadas em 30 dias, entre fevereiro a abril, período este embasado na análise do histórico local de pulverizações cúpricas, baseadas na ocorrência de ferrugem, obtido através do acompanhamento mensal de lavouras experimentais do CEPEC. As doses aplicadas de sulfato de cobre (25% de Cu) seguiram a recomendação de 600 g de Cu/ha (GUIMARÃES et al., 1999), e no tratamento sulfato de cobre + cal, foi acrescido 400g/ha de cal virgem (Hidróxido de cálcio, 90% CaOH).

Antes da primeira pulverização e 30 dias após cada pulverização foi realizada a coleta de folhas (FAQUIN, 2002), sendo acondicionadas em sacos de papel e secas em estufa com circulação forçada de ar a 60 °C, até atingir massa constante. Posteriormente, as folhas foram moídas em moinho tipo Willey e passadas em peneiras de 20 mesh (0,841 mm). Em seguida, uma porção das amostras foi submetida à digestão nítrico-perclórica para a determinação das

concentrações de cobre por espectrofotometria de absorção atômica em chama (MALAVOLTA et al., 1997), no laboratório de Nutrição Mineral de Plantas do Centro de Ciências Agrárias da UFES.

Os dados foram submetidos à análise de variância e na presença de diferenças significativas, os tratamentos foram diferenciados e estudados com técnicas estatísticas adequadas, utilizando-se o programa de análise estatística SISVAR (FERREIRA, 2011). Foi utilizado o teste de Dunnett ($p < 0,05$), para verificar se houve diferenciação dos tratamentos quanto à testemunha, e o teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$), para verificar se houve diferenciação entre os tratamentos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2, verifica-se os teores médios de Cu nos tecidos foliares do cafeeiro, onde nos dois ciclos de cultivo, a aplicação dos dois tratamentos proporcionaram maiores incrementos foliares de Cu, em relação a testemunha. No momento da implantação do experimento, os teores foliares de Cu eram de 14,75 mg/kg (Tabela 1), dentro dos níveis aceitáveis (GUIMARÃES et al., 1999). Com o passar dos dois ciclos de cultivo, houve extração do nutriente pelo cafeeiro (crescimento vegetativo e duas colheitas) e a não reposição as plantas controle, implicou em teores deficitários, como pode ser observado na testemunha (Tabela 2).

Tabela 2. Teores minerais médios de cobre (mg/kg) em tecidos foliares de cafeeiro arábica, submetido ao tratamento com sulfato de cobre e sulfato de cobre acrescido de cal, no período de fevereiro de 2012 a setembro de 2013. CEPEC, Martins Soares, MG

Fontes de cobre	Cu	
	1º ciclo	2º ciclo
Sulfato de cobre	26,50* bA	26,03* bA
Sulfato de cobre + Cal	37,63* aA	34,51* aA
Testemunha	06,00	07,00

* Difere estatisticamente da testemunha, pelo teste de Dunnett ($p < 0,05$). Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$) e maiúscula na linha, entre anos, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

A privação de cobre a planta, ocasiona uma série de distúrbios metabólicos, sendo o principal deles, a alteração do aparelho fotossintético, indiretamente, via mudanças no grau de saturação dos lipídeos da membrana do tilacóide, e através de alterações nas estruturas dos cloroplastos (MAKSYMIEC 1997). Na anatomia foliar, a privação de Cu prejudica a lignificação das paredes celulares de folhas e vasos xilemáticos (MARSCHNER, 2012), deixando a planta com maior vulnerabilidade a patógenos e a demais formas de estresses bióticos, podendo assim afetar o pleno desenvolvimento e produção da planta

Os teores de Cu proporcionados pelos tratamentos nos dois ciclos de cultivo estão acima da faixa considerada como ideal por (GUIMARÃES et al., 1999), porém de acordo com os níveis verificados para a região de Manhuaçu (MARTINEZ et al., 2003), a qual localiza-se a área do experimento.

Nos dois ciclos de cultivo, o sulfato de cobre adicionado de cal proporcionou maior incremento de Cu no tecido foliar, em relação ao sulfato de cobre puro. A adição de cal possivelmente teve um efeito sinérgico, proporcionando uma melhor absorção de Cu pela planta.

CONCLUSÕES

Diante das condições estudadas, pode-se concluir que o suprimento de Cu ao cafeeiro arábica proporciona maior teor deste nutriente nos tecidos foliares. A adição de cal ao sulfato de cobre proporcionou maiores incrementos foliares de cobre.

AGRADECIMENTOS

Os autores são gratos ao Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo (CCA/UFES), ao Centro de Pesquisas Cafeeiras Eloy Carlos Heringer (CEPEC) e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo fornecimento de bolsas aos autores.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CUNHA, R. L. da; MENDES, A. N. G.; CHALFOUN, S. M. Controle químico da ferrugem do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) e seus efeitos na produção e preservação do enfolhamento. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 28, n. 5, p. 990-996, 2004.
- FAQUIN, V. *Diagnose do Estado Nutricional das Plantas*. Lavras: UFLA/FAEPE, 2002. 77 p.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência & Agrotecnologia*, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

- GUIMARÃES, P. T. G. et al. Cafeeiro. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ VENEGAS, V. H. *Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª Aproximação*. Viçosa: CFSEMG, 1999. p. 289-302.
- GUIMARÃES, P. T. G.; GOMES, C. A.; CARVALHO, G. R.; CARVALHO, A. M. de, BOTELHO, C. E.; ANDRADE, V. T. *Uso do cobre na cafeicultura*. Belo Horizonte: Epamig, 2011, 4p. (Circular Técnica 117).
- 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. *Rev. Bras. Ciênc. Solo*, Viçosa, v. 31, n. 6, Dec. 2007.
- MAKSYMIEC, W. Effect of copper on cellular processes in higher plants. *Photosynthetica*, v.34, n.3, p.321-327, 1997.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. *Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações*. 2. ed. Piracicaba: Potafós, 1997. 319 p.
- MARSCHNER, H. *Mineral nutrition of higher plants*. 3 ed. London, Academic Press, 2012. 651p.
- MARTINEZ, H. E. P.; MENEZES, J. F. S.; SOUZA, R. B.; ALVAREZ V., V. H.; GUIMARÃES, P. T. G. Faixas críticas de concentrações de nutrientes e avaliação do Estado nutricional do cafeeiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 38, n. 6, p. 703-713, 2003.
- SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; OLIVEIRA, J. B. de; COELHO, M. R.; LUMBRERAS, J. F.; CUNHA, T. J. F. (Ed.). *Sistema brasileiro de classificação de solos*. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306p.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia vegetal*. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918p. il.
- YRUELA, I. Copper in plants. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, v. 17, n. 1, p.145-156, 2005.