



Dinâmica de carboidratos e escaldadura em cafeeiros supridos com Mg⁽¹⁾

Kaio Gonçalves de Lima Dias⁽²⁾; Paulo Tácito Gontijo Guimarães⁽³⁾; Antônio Eduardo Furtini Neto⁽⁴⁾; Cesar Henrique Caputo de Oliveira⁽⁵⁾; Gustavo Soares Tiburcio⁽⁶⁾; Celso Magalhães de Lima Dias⁽⁷⁾.

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos do Consorcio Pesquisa Café.

⁽²⁾ DSc. Pesquisador Bolsista; Universidade Federal de Lavras / EPAMIG; Lavras - MG; kaiofld@gmail.com; ⁽³⁾ DSc. Pesquisador; EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DE MINAS GERAIS; ⁽⁴⁾ Professor; Universidade Federal de Lavras; ⁽⁵⁾ Mestrando; Universidade Federal de Lavras; ^(6,7) Graduando; Universidade Federal de Lavras.

RESUMO: Sintomas de deficiência de magnésio e de escaldadura têm sido cada vez mais frequentes em lavouras cafeeiras, evidenciados principalmente na face do sol poente, que recebe os maiores níveis de irradiância. O objetivo deste trabalho foi verificar a dinâmica de carboidratos e sua relação com a escaldadura em mudas de *Coffea arabica* L. em função da aplicação de doses crescentes de magnésio (Mg) sob o efeito de dois níveis de irradiância. O experimento foi conduzido em câmaras de crescimento na Universidade Federal de Lavras - UFLA. Foram utilizadas mudas de cafeeiros da cultivar Mundo Novo IAC 379/19. Os tratamentos consistiram na aplicação de cinco doses de Mg (0; 48; 96; 192 e 384 mg L⁻¹) e na exposição das mudas à dois níveis de irradiância, (80 e 320 $\mu\text{mol fóton m}^{-2} \text{s}^{-1}$). O delineamento experimental foi em blocos casualizados, em esquema fatorial 5x2, com 6 repetições sendo uma planta por unidade experimental, totalizando 60 parcelas. Tanto a deficiência quanto o excesso de Mg causaram aumentos nos teores de carboidratos, principalmente de sacarose nas folhas do cafeeiro. As folhas do cafeeiro apresentaram maiores teores de sacarose, seguido pelos teores de frutose e glicose, os quais foram superiores aos de galactose. Altos níveis de irradiância provocaram fotooxidação e sintomas de escaldadura em folhas de cafeeiros, de forma mais intensa nas plantas deficientes em Mg e naquelas que receberam doses excessivas deste nutriente.

Termos de indexação: Fracionamento de carboidratos. Estresse oxidativo. Nutrição do cafeeiro.

INTRODUÇÃO

O magnésio (Mg) é o quarto nutriente mais exigido pelo cafeeiro e desempenha várias funções-chave nas plantas. Muitos processos fisiológicos e bioquímicos críticos, são adversamente afetados pela sua deficiência, levando a prejuízos no crescimento e na produção (Marschner, 2012).

Estudos recentes mostraram que o Mg possui papel fundamental no transporte de carboidratos, principalmente sacarose, em diversas espécies

(Silva et al., 2014). Com a redução no transporte de carboidratos e, conseqüentemente no crescimento das raízes, há menor absorção de água e nutrientes, prejudicando assim a produtividade das culturas. Em adição, o acúmulo de carboidratos nas folhas pode estimular a produção de espécies reativas de oxigênio (EROs), que causam danos fotooxidativos organismos vegetais (Marschner, 2012).

O aumento de EROs é comumente observado sob determinadas condições de estresse, quando o equilíbrio da sua formação e detoxificação não pode ser mantido.

Os danos fotooxidativos, manifestados em folhas e em outros órgãos fotossintetizantes, são conhecidos como escaldadura ou queima de sol. A escaldadura vem se tornando um sério problema para cafeeiros cultivados a pleno sol, seus sintomas comumente são observados na face do sol poente, onde a irradiância incidente é maior. Isto resulta em significativa redução na capacidade fotossintética das plantas e em perda de produtividade (Oliveira et al., 2012).

O objetivo deste trabalho foi verificar a dinâmica de carboidratos e sua relação com a escaldadura em mudas de *Coffea arabica* L. em função da aplicação de doses crescentes de magnésio (Mg) sob o efeito de dois níveis de irradiância.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido sob condições controladas, em câmaras de crescimento e cultivo em solução nutritiva, no Departamento de Fitopatologia da UFLA. Os tratamentos consistiram da aplicação de cinco doses de Mg [0; 48 (dose central de da solução de Hoagland & Arnon, 1950); 96; 192 e 384 mg L⁻¹] e na exposição das mudas à dois níveis de irradiância (80 e 320 $\mu\text{mol fóton m}^{-2} \text{s}^{-1}$), o primeiro simulando condições de baixa intensidade fotossintética, como no interior do dossel das plantas, em cafeeiros sombreados ou em cafeeiros em plantios adensados; o segundo nível (320 $\mu\text{mol fóton m}^{-2} \text{s}^{-1}$) simula condições de produção plena de fotossíntese.



O delineamento experimental foi em blocos casualizados num arranjo fatorial 5x2, com 6 repetições e uma planta por unidade experimental, totalizando 60 parcelas.

Aos 90 dias após a aplicação dos tratamentos as plantas foram expostas à pleno sol, onde a irradiância atingiu o valor máximo de $1500 \mu\text{mol fóton m}^{-2} \text{s}^{-1}$.

Após 3 dias, o experimento foi colhido. Coletaram-se separadamente folhas, caule e raízes das plantas para análise nutricional. Parte deste material seco das folhas foi destinada à análise de carboidratos em HPLC (Mellinger, 2006).

Os dados foram avaliados mediante análise de variância pelo teste 'F'; quando significativo, realizou-se análise de regressão para as doses de Mg em cada nível de irradiância. Utilizou-se para as análises o software Sisvar (Ferreira, 2011) e para confecção dos gráficos o SigmaPlot 11.0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os teores de sacarose, açúcares redutores (frutose, glicose e galactose) e açúcares solúveis totais (AST) foram influenciados pelo magnésio (Mg) (Figura 1).

A interação entre as doses de Mg e os níveis de irradiância foi significativa para sacarose (Figura 1A), frutose (Figura 1B), glicose (Figura 1C), galactose (Figura 1D) e AST (Figura 1E).

A função que o Mg desempenha no transporte de carboidratos, pode estar relacionada a uma diminuição da atividade metabólica dos órgãos fonte (Fischer, et al., 1998). Entretanto, o mais provável é estar relacionada a queda na concentração de Mg-ATP nos locais de carregamento do floema (Hermans et al., 2006; Cakmak & Kirkby, 2008). Esse transporte, dependendo da espécie, pode ocorrer de forma ativa e seletiva (via simplástica), necessitando, portanto, de energia na forma de ATP, para o cotransporte via membrana plasmática (H⁺) (Taiz & Zeiger, 2009).

Os aumentos nos teores de sacarose, a partir das doses já citadas, provavelmente estão relacionados com uma redução na absorção de K, em função de um excesso de Mg na solução. A deficiência de K provoca redução no transporte e utilização de fotoassimilados (Marschner, 2012).

Nas maiores doses de Mg, houve maior acúmulo de sacarose (Figura 1A), frutose (Figura 1B), glicose (Figura 1C) e AST (Figura 1E) nas plantas submetidas ao maior nível de irradiância ($320 \mu\text{mol fóton m}^{-2} \text{s}^{-1}$). Isto indica que, provavelmente, plantas que crescem sob altos níveis de irradiância, necessitam de um maior suprimento de K para

manterem o transporte de carboidratos via floema em taxas normais.

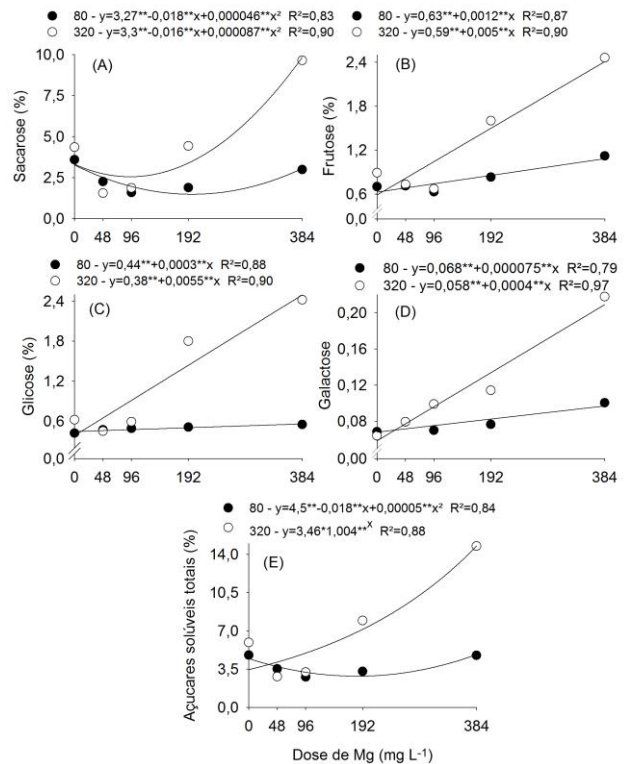


Figura 1 Teores de sacarose (A), frutose (B), glicose (C), galactose (D) e açúcares solúveis totais (AST) (E) em folhas de mudas de cafeeiros em função da aplicação de diferentes doses de Mg em dois níveis de irradiância. Significativo, pelo teste de t, a 5% (*) e 1% (**)

O acúmulo de carboidratos altera o metabolismo fotossintético e reduz o uso da energia luminosa absorvida na fotossíntese, induzindo uma saturação da cadeia de transporte de elétrons com acúmulo de NADPH (Hermans & Verbruggen, 2005). Altos níveis de equivalentes redutores e componentes da cadeia de elétrons saturados oferecem condições favoráveis para a formação de EROs (Mittler, 2002) e consequentemente em um estresse oxidativo que pode culminar na escaldadura dos tecidos.

Relata-se que mesmo na testemunha, as mudas de cafeeiro não apresentaram sintomas visuais típicos da deficiência enquanto permaneceram na câmara de crescimento. Após colocadas por três dias a pleno sol, os sintomas visuais típicos da deficiência apareceram, juntamente com sintomas de escaldadura, que apareceram de forma mais intensa na testemunha e na maior dose de Mg, em função da restrição na absorção de K.

Observa-se na figura 2 que a parte da folha mais velha que foi sombreada pela folha mais nova



permaneceu verde, enquanto a parte que foi exposta a irradiância plena apresentou sintomas de escaldadura. Nota-se ainda que a folha mais nova que foi totalmente exposta a irradiância plena, mesmo apresentando menor proteção física, permaneceu verde (Figuras 2). Isso ocorreu pois a escaldadura é causada por danos fotooxidativos e não se trata de um processo puramente físico. Provavelmente o Mg e o K, que são móveis na planta, possuem papel importante na proteção das folhas contra a escaldadura.

2008.



Figura 2 Mudanças de cafeeiros cultivadas em solução nutritiva sem fornecimento de Mg expostas por 3 dias à pleno sol. (Foto: Kaio Dias, 2014)

O estudo mostrou que há uma relação íntima entre a dinâmica de carboidratos, a escaldadura e o suprimento de Mg em função da irradiância a qual o cafeeiro é submetido. O Mg funciona como agente atenuante do estresse oxidativo em condições de estresse causado pelo aumento da irradiância.

CONCLUSÕES

A nutrição com Mg influencia a dinâmica de carboidratos nas folhas do cafeeiro. Tanto a deficiência quanto o excesso de Mg causam aumentos nos teores de carboidratos, principalmente de sacarose nas folhas do cafeeiro.

As folhas do cafeeiro apresentam maiores teores de sacarose, seguido pelos teores de frutose e glicose, os quais foram superiores aos de galactose.

Altos níveis de irradiância provocam fotooxidação e sintomas de escaldadura em folhas de cafeeiros, de forma mais intensa nas plantas com menor suprimento de Mg e K.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPQ, à CAPES, à FAPEMIG e à EPAMIG pelo apoio.

REFERÊNCIAS

- CAKMAK, I. & KIRKBY, E. A. Role of magnesium in carbon partitioning and alleviating photooxidative damage. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 133, n. 4, p. 692-704, Aug.
- FERREIRA, D. F. SISVAR: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, nov./dez. 2011.
- FISCHER, E. S. et al. Magnesium deficiency results in accumulation of carbohydrates and amino acids in source and sink leaves of spinach. **Plant Physiology**, Washington, v. 102, n. 1, p. 16-20, Jan. 1998.
- HERMANS, C. et al. "How do plants respond to nutrient shortage by biomass allocation?" **Trends in Plant Science**, Oxford, v. 11, n. 12, p. 610-617, Dec. 2006.
- HERMANS, C. & VERBRUGGEN, N. Physiological characterization of Mg deficiency in *Arabidopsis thaliana*. **Journal of Expert Botany**, London, v. 56, n. 6, p. 2153-2161, June 2005.
- HOAGLAND, D. & ARNON, D. I. **The water culture method for growing plants without soil**. Berkeley: Califórnia Agricultural Experiment Station, 1950.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 3. ed. London: Academic Press, 2012.
- MELLINGER, C. G. **Caracterização estrutural e atividade biológica de carboidratos de *Phyllanthus niruri* (quebra-pedra)**. 2006. 138 p. Tese (Doutorado em Ciências) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.
- MITTLER, R. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. **Trends Plant Science**, Oxford, v. 7, n. 9, p. 405-410, Sept. 2002.
- OLIVEIRA, K. M. G. et al. Modelagem para estimativa da orientação de linhas de plantio de cafeeiros. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 32, n. 2, p. 293-305, mar./abr. 2012.
- SILVA, D. M. et al. Physiological and biochemical impacts of magnesium-deficiency in two cultivars of coffee. **Plant and Soil**, The Hague, v. 328, n. 2, p. 133-150, Sept. 2014.
- TAIZ, L. & ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.