



Eficiência nutricional de cafeeiros supridos com Mg sob diferentes níveis de irradiância⁽¹⁾

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

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

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

RESUMO: A eficiência nutricional, o crescimento e a produção das plantas variam em função da sua eficiência de absorção, de translocação e de uso dos nutrientes. O objetivo deste trabalho foi verificar os efeitos da nutrição com Mg em cafeeiros sob 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. Com o aumento nas doses de Mg há um aumento na EA e uma redução na EU deste nutriente. O aumento das doses de Mg proporciona acréscimos na produção de massa seca do cafeeiro. A dose de 240 proporcionou maior produção de massa seca, independentemente do nível de irradiância.

Termos de indexação: Nutrição do cafeeiro, eficiência de absorção, eficiência de utilização.

INTRODUÇÃO

O magnésio (Mg) é o quarto nutriente mais exigido pelo cafeeiro, para cada saca de café produzida são necessários 1,9 Kg de MgO (Matiello et al., 2010). O Mg tem várias funções-chave nas plantas e muitos processos fisiológicos e bioquímicos críticos, são adversamente afetados pela sua deficiência, levando a prejuízos no crescimento e na produção (Marschner, 2012). Incluem entre os processos metabólicos e as reações particularmente influenciadas pelo Mg a fotofosforilação (como a formação de ATP nos cloroplastos), a fixação fotossintética do CO₂, a síntese proteica, a formação de clorofila, o carregamento de fotossintatos via floema; a

separação e utilização de fotoassimilados, a geração de espécies reativas de oxigênio (EROs) e a fotooxidação nos tecidos foliares. Alguns exemplos de enzimas ativadas pelo Mg são as ATPases, a ribulose 1,5-bifosfato carboxilase (Rubisco), RNAPolimerase e as quinases (Cakmak & Yazici, 2010).

A deficiência de Mg tem sido comumente observada em lavouras cafeeiras. Situações que provocam desequilíbrio na relação entre cálcio (Ca), Mg e potássio (K), como o excesso de adubação potássica ou o maior uso de fontes de Ca (calcário calcítico, superfosfato e gesso), também são apontadas como causas das deficiências de Mg nessa cultura. O Ca, o Mg e o K competem por sítios de absorção nas raízes, o excesso de um pode inibir, por antagonismo, a absorção dos outros (Malavolta, 1996).

A eficiência nutricional, o crescimento e a produtividade das plantas variam em função da sua eficiência de absorção, de translocação e de uso dos nutrientes (Sands & Mulligan, 1990).

O objetivo deste trabalho foi verificar os efeitos da nutrição com Mg em cafeeiros sob 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 Universidade Federal de Lavras - 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.

As mudas foram submetidas à solução completa de Hoagland & Arnon (1950), exceto Mg, utilizando-se como fontes de nutrientes: NH_4NO_3 ; $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$; KNO_3 ; KCl ; KH_2PO_4 ; $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$; H_3BO_3 ; $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$; $\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$; $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$; $\text{H}_2\text{MoO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ e solução de Fe-EDTA. O Mg foi aplicado separadamente a fim de atingirem-se as concentrações propostas em cada tratamento (0; 48; 96, 192 e 384 mg L^{-1}), sendo que a fonte utilizada foi o $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$. Foi mantida aeração contínua da solução nutritiva. O pH da solução foi monitorado diariamente, mantido entre 5,0 e 5,5, com a adição de HCl 0,1 mol L^{-1} ou NaOH 0,1 mol L^{-1} . Quando necessário, o volume dos vasos foi completado com água deionizada. A troca da solução foi realizada nos diferentes tratamentos quando a depleção atingia 70% da concentração inicial.

Aos 90 dias após a aplicação dos tratamentos as plantas foram expostas à pleno sol, onde a irradiância atingiu o valor máximo de 1500 $\mu\text{mol f\u00f3ton m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Após tr\u00eas dias em pleno sol, as plantas foram colhidas. Coletou-se separadamente folhas, caule e ra\u00edzes das plantas para an\u00e1lise nutricional. Posteriormente o material vegetal foi lavado em \u00e1gua deionizada, acondicionado em sacos de papel e seco em estufa, a 60\u00b0C, at\u00e9 atingirem peso constante. Ap\u00f3s secagem, foi realizada a pesagem e a moagem do material seco de folhas, caule e ra\u00edzes das plantas.

Para auxiliar na avalia\u00e7\u00e3o da efici\u00eancia das doses de Mg foram feitos os seguintes c\u00e1lculos:

- Efici\u00eancia de utiliza\u00e7\u00e3o (EU), descrito por Siddiqi & Glass (1981), onde:
$$EU = (\text{Massa seca total})^2 / \text{Conte\u00fado na Massa seca total}$$
- Efici\u00eancia de absor\u00e7\u00e3o (EA) (Swiader; Chyan; Freiji, 1994), onde:
$$EA = \text{Conte\u00fado total absorvido} / \text{Massa seca da raiz}$$

Os dados foram avaliados mediante an\u00e1lise de vari\u00e2ncia pelo teste 'F'; quando significativo, realizou-se an\u00e1lise de regress\u00e3o para as doses de Mg em cada n\u00edvel de irradi\u00e2ncia. Utilizou-se para as an\u00e1lises o software Sisvar (Ferreira, 2011) e para confec\u00e7\u00e3o dos gr\u00e1ficos o SigmaPlot 11.0.

RESULTADOS E DISCUSS\u00c3O

A efici\u00eancia nutricional e o crescimento das plantas variam em fun\u00e7\u00e3o da sua efici\u00eancia de

absor\u00e7\u00e3o, de transloca\u00e7\u00e3o e de uso dos nutrientes (Sands & Mulligan, 1990).

A efici\u00eancia de absor\u00e7\u00e3o (EA) aumentou de forma quadr\u00e1tica em fun\u00e7\u00e3o das doses de Mg, nos dois n\u00edveis de irradi\u00e2ncia (Figura 1A). O aumento na EA indica incremento no conte\u00fado total de Mg proporcionalmente maior do que o aumento na massa seca da raiz, em fun\u00e7\u00e3o do aumento das doses de Mg. Isso ocorre devido a rela\u00e7\u00e3o positiva entre a concentra\u00e7\u00e3o do elemento no meio e o processo da absor\u00e7\u00e3o (Malavolta; Vitt\u00ed; Oliveira, 1997).

A efici\u00eancia de utiliza\u00e7\u00e3o (EU) \u00e9 definida como a capacidade de utiliza\u00e7\u00e3o de nutrientes para a s\u00edntese de biomassa (Souza, 1994). Segundo Pozza et al. (2009), a EU \u00e9 t\u00e3o importante quanto a efici\u00eancia de absor\u00e7\u00e3o (EA), quando se avalia a produ\u00e7\u00e3o de biomassa em rela\u00e7\u00e3o ao suprimento de nutrientes.

A efici\u00eancia de utiliza\u00e7\u00e3o do Mg decresceu com o aumento das doses de Mg (Figura 1B). O comportamento foi quadr\u00e1tico e a intera\u00e7\u00e3o entre doses de Mg e n\u00edveis de irradi\u00e2ncia foi significativa. Entretanto, observa-se que o maior decr\u00e9scimo ocorreu entre as doses 0 (testemunha) e 48 mg L^{-1} , a partir desta dose houve uma tend\u00eancia de estabiliza\u00e7\u00e3o.

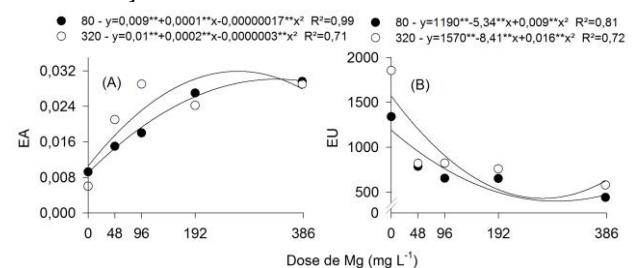


Figura 1 Efici\u00eancia de absor\u00e7\u00e3o (EA) (A) e efici\u00eancia de utiliza\u00e7\u00e3o (EU) (B) de de Mg em mudas de cafeeiros em fun\u00e7\u00e3o da aplica\u00e7\u00e3o de diferentes doses de Mg em dois n\u00edveis de irradi\u00e2ncia. Significativo, pelo teste de t, a 5% (*) e 1% (*).

Segundo Ara\u00fajo (2000) a EU pode contribuir para minimizar a restri\u00e7\u00e3o ao crescimento vegetal, em condi\u00e7\u00f5es de limita\u00e7\u00e3o do suprimento de determinado nutriente. Al\u00e9m disso, o aumento expressivo na produ\u00e7\u00e3o de massa seca das plantas proporcionou redu\u00e7\u00e3o da EU. Pozza et al. (2009) observaram maior EU para Mg e P quando comparados aos outros nutrientes, em diferentes cultivares de cafeeiros. Isso ocorre em fun\u00e7\u00e3o do menor conte\u00fado destes nutrientes quando comparados a N, K e Ca. Fernandes et al. (2005) observaram redu\u00e7\u00e3o na EU de N com o aumento da dose deste nutriente na cultura do milho.



Decrécimos na eficiência de utilização de Zn na cultura do milho submetida a doses de Zn foram observados por Furlani et al. (2005).

Para Marschner (2012), a eficiência nutricional pode estar relacionada à demanda de nutrientes à nível celular, à compartimentalização, utilização na parte aérea, no transporte a curta e a longa distância, na afinidade do sistema de absorção (km), concentração mínima (Cmin) e nas modificações na rizosfera.

A nutrição mineral é um dos principais fatores que influenciam o desenvolvimento e a produção das culturas (Meurer, 2007). Neste contexto, o Mg é particularmente importante, pois tem grande impacto sobre a produção, transporte e utilização de fotossintatos (Cakmak & Kinby, 2008).

Independente do nível de irradiância, as doses de Mg aumentaram a massa seca das plantas. Houve comportamento quadrático no peso de massa seca da raiz, do caule, da folha e no total (Figura 2).

- Folha - $y=1,6^{**}+0,006^{**}x-0,000013^{**}x^2$ $R^2=0,98$
- Raiz - $y=1,03^{**}+0,0025^{**}x-0,000006^{**}x^2$ $R^2=0,89$
- ▼ Caule - $y=0,97^{**}+0,003^{**}x-0,000006^{**}x^2$ $R^2=0,99$
- △ Total - $y=3,6^{**}+0,012^{**}x-0,000025^{**}x^2$ $R^2=0,99$

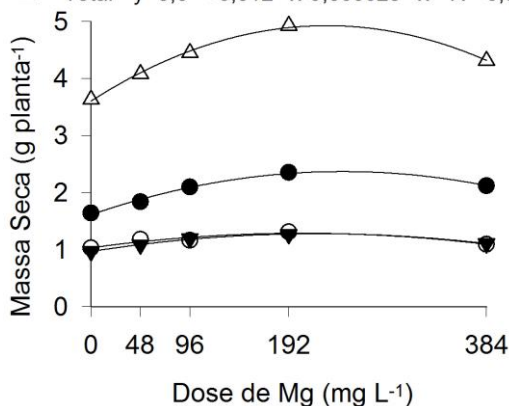


Figura 2 Produção de massa seca nas diferentes partes de mudas de cafeeiros em função da aplicação de diferentes doses de Mg em dois níveis de irradiância. Significativo, pelo teste de t, a 5% (*) e 1% (**)

A maior produção de massa seca total foi de 5 g por planta, obtida na dose de 240 mg L⁻¹. Ressalte-se que os teores foliares de Mg calculados nesta dose, os quais proporcionaram a máxima produção física, estão entre 6,9 e 8,64 g kg⁻¹. Já a dose correspondente a máxima produção econômica (90% da máxima produção física) foi de 99 mg L⁻¹, nesta dose os teores foliares de Mg variaram de 5,54 a 6,34 g kg⁻¹.

Tanto a deficiência quanto o excesso de Mg têm efeitos prejudiciais sobre a fotossíntese das plantas (Shabala & Hariadi, 2005) resultando em crescimento anormal ou restrito (Shaul, 2002). A

redução no acúmulo de massa seca a partir da dose 240 mg L⁻¹, está relacionada, principalmente, ao desequilíbrio causado pelo excesso desse elemento, conforme já discutido.

Estes resultados apontam a importância da nutrição do cafeeiro com magnésio e a necessidade de estudos mais detalhados em campo e em diferentes regiões.

CONCLUSÕES

Com o aumento nas doses de Mg há um aumento na EA e uma redução na EU deste nutriente.

O aumento das doses de Mg proporciona acréscimos na produção de massa seca do cafeeiro. A dose de 240 proporcionou maior produção de massa seca, independentemente do nível de irradiância.

AGRADECIMENTOS

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

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, A. P. Eficiência vegetal de absorção e utilização de fósforo, com especial referência ao feijoeiro. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; SCHAEFER, C. E. G. R. **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa: SBCS, 2000. p. 163-212.
- 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. 2008.
- CAKMAK, I.; YAZICI, A.M. Magnesium: a forgotten element in crop production. **Better Crops with Plant Food**, Norcross, v. 94, n. 2, p. 23-25, 2010.
- FERNANDES, F. C. S. et al. Doses, eficiência e uso de nitrogênio por seis cultivares de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 4, n. 2, p. 195-204, 2005.
- FERREIRA, D. F. SISVAR: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, nov./dez. 2011.
- FURLANI, A. M. C. et al. Eficiência de cultivares de milho na absorção e utilização de zinco. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 62, n. 3, p. 264-273, maio 2005.
- HOAGLAND, D. R.; ARNON, D. I. **The water-culture method for growing plants without soil**. California: Califórnia Agricultural Experiment Station, 1950.



MALAVOLTA, E. Informação agrônômica sobre nutrientes para as culturas. **Nutrifatos**, Piracicaba, p. 1-24, 1996. (Arquivo do Agrônomo, 10).

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVIERA, S. A. de. **Avaliação do estado nutricional de plantas**. Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1989.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 3. ed. London: Academic Press, 2012.

MATIELLO, J. B. et al. **Cultura de café no Brasil: manual de recomendações**. Rio de Janeiro: Mapa, 2010.

MEURER, E. J. Fatores que influenciam a crescimento e desenvolvimento das plantas. In: NOVAIS, R. F. et al. (Eds). **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007, p. 65-90.

POZZA, A. A. A. et al. Suprimento do silicato de cálcio e a eficiência nutricional de variedades de cafeeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, 33, n. 6, p. 1705-1714, nov./dez. 2009.

SANDS, R.; MULLIGAN, D. R. Water and nutrient dynamics and tree growth. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 30, n. 1, p. 91-111, Feb. 1990.

SHABALA, S.; HARIADI, Y. Effects of Magnesium Availability on the Activity of Plasma Membrane Ion Transporters and Light-Induced Responses from Broad Bean Leaf Mesophyll," **Planta**, Berlin, v. 221, n. 1, p. 56-65, Apr. 2005.

SHAUL, O. Magnesium transport and function in plants: the tip of the iceberg. **Biometals**, London, v. 15, n. 3, p. 309-323, Sept. 2002.

SIDDIQI, M. Y.; GLASS, A. D. M. Utilisation index: a modified utilization efficiency in plants. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 4, n. 3, p. 289-302, Nov. 1981.

SOUZA, M. E. **Correlação adulto juvenil para eficiência nutricional e comportamento de clones de Eucalyptus grandis em dois níveis de fertilidade do solo**. 1994. 102 p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1994.

SWIADER, J. M.; CHYAN, Y.; FREIJI, F. G. Genotypic differences in nitrate uptake and utilization efficiency in pumpkin hybrids. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 17, n. 10, p. 1687-1699, Oct. 1994.