

ASPECTOS NUTRICIONAIS DE CAFEIROS SUBMETIDOS A DOSES DE MAGNÉSIO SOB DOIS NÍVEIS DE IRRADIÂNCIA

Paulo Tácito Gontijo Guimarães¹; Kaio Gonçalves de Lima Dias²; Antônio Eduardo Furtini Neto³; Cesar Henrique Caputo de Oliveira⁴; Gustavo Soares Tiburcio⁵; Helbert Rezende⁶

¹ Pesquisador, DSc, EPAMIG, Lavras – MG, paulotgg@epamig.ufla.br

² Bolsista do Consorcio Pesquisa Café, DSc, EPAMIG, Lavras – MG, kaiogld@gmail.com

³ Professor, DSc, UFLA, Lavras – MG, afurtini@dsc.ufla.br

⁴ Mestrando em Fitotecnia, Eng. Agrônomo, UFLA, Lavras – MG, cesar_caputo@yahoo.com.br

⁵ Estudante de Agronomia, UFLA, Lavras – MG, ogustavo.soares@gmail.com

⁶ Pós Doutorado, DSc, UFLA, Lavras – MG, herosrezende@yahoo.com.br

RESUMO: Sintomas de deficiência de magnésio têm sido cada vez mais frequentes em lavouras cafeeiras, principalmente naquelas que recebem adubações potássicas elevadas, evidenciados principalmente na face do sol poente, que recebe os maiores níveis de irradiância. O presente trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar os efeitos do Mg na nutrição de mudas de *Coffea arabica* L., cultivadas em solução nutritiva, sob dois níveis de irradiância. O experimento foi conduzido em condições controladas, em câmaras de crescimento, no Departamento de Fitopatologia da 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 µmol fóton m⁻² 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. Houve grande restrição na absorção de K e Ca e maior absorção de P com o aumento das doses de Mg. Independente do nível de irradiância, o aumento das doses de Mg aumentou a produção de massa seca das plantas. A dose de 240 mg L⁻¹ de Mg proporcionou maior produção de massa seca do cafeeiro.

PALAVRAS-CHAVE: nutrição do cafeeiro, equilíbrio nutricional, irradiância.

NUTRITIONAL ASPECTS OF COFFEE PLANTS SUBJECTED TO DOSES AND TWO LEVELS OF IRRADIANCE

ABSTRACT: Magnesium deficiency symptoms have been increasingly frequent in coffee plantations, especially in those receiving high potassium fertilizing, evidenced mainly on the side of the setting sun, which receive the highest levels of irradiance. The present work was conducted with the objective of evaluating the effects of Mg over the nutrition of *Coffea arabica* L. seedlings, cultivated in nutrient solution, under two levels of irradiance. The experiment was conducted under controlled conditions in growth chambers at the Department of Plant Pathology of the Universidade Federal de Lavras (UFLA). We used coffee seedlings of cultivar Mundo Novo IAC 379/19. The treatments consisted of the application of five doses of Mg (0, 48, 96, 192 and 384 mg L⁻¹) and of the exposure of the seedlings to two levels of irradiance (80 and 320 µmol photon m⁻² s⁻¹). The experimental design was in randomized blocks, in a 5x2 factorial arrangement with six replicates and one plant per experimental unit, totalizing 60 plots. There was great restriction on the absorption of K and Ca, and higher absorption of P with the increasing in the doses of Mg. Independent of the irradiance level, the increase in the doses of Mg increased plant production of dry mass. The dose of 240 mg L⁻¹ of Mg provided the highest production of dry matter.

KEYWORDS: coffee nutrition, nutritional balance, irradiance.

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 protéica, 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).

Além disso, as mudanças climáticas observadas, especialmente na última década e a expansão constante das fronteiras agrícolas, podem estar agravando a problemática da nutrição com Mg no cafeeiro. As plantas que crescem em condições de alta intensidade de luz, parecem ter maior exigência em Mg (CAKMAK; KIRB, 2008). Neste sentido, o estudo detalhado se faz necessário, relacionando o Mg na nutrição do cafeeiro em função da irradiância.

O presente trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar os efeitos do Mg na nutrição de mudas de *Coffea arabica* L. em solução nutritiva, 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 μmol fóton m⁻² 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 μmol fóton m⁻² 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 e Arnon (1950), exceto Mg, utilizando-se como fontes de nutrientes: NH₄NO₃; Ca(NO₃)₂.4H₂O; KNO₃; KCl; KH₂PO₄; CaCl₂.6H₂O; H₃BO₃; ZnSO₄.7H₂O; MnSO₄.4H₂O; CuSO₄.5H₂O; H₂MoO₄.H₂O 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 MgSO₄.7H₂O. 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 μmol fóton m⁻² s⁻¹. Após três dias em pleno sol, as plantas foram colhidas. Coletou-se separadamente folhas, caule e raízes das plantas para análise nutricional. Posteriormente o material vegetal foi lavado em água deionizada, acondicionado em sacos de papel e seco em estufa, a 60°C, até atingirem peso constante. Após secagem, foi realizada a pesagem e a moagem do material seco de folhas, caule e raízes das plantas. Para a determinação de macronutrientes as amostras foram submetidas à digestão nitroperclórica. Os teores de K e Ca foram determinados seguindo metodologia descrita por Malavolta, Vitti e Oliveira, (1997). As concentrações de Ca e Mg foram determinadas por espectrofotometria de absorção atômica; de K por espectrofotometria de chama e de fósforo (P) por colorimetria (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997).

Os dados foram avaliados mediante análise de variância pelo teste ‘F’; quando significativo, realizou-se análise de regressão para as doses de Mg e níveis de irradiância. Fez-se o desdobramento das doses dentro de cada nível de irradiância para as variáveis respostas onde a interação foi significativa. Utilizou-se para as análises o software Sisvar (FERREIRA, 2011) e para confecção dos gráficos o SigmaPlot 11.0. Os pontos de máximo e mínimo das funções quadráticas foram obtidos pela derivada de primeira ordem, igualando-se a mesma a zero.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A aplicação de Mg influenciou os teores foliares de P, Ca e K, onde a interação entre doses de Mg e os níveis de irradiância foi significativa (Figura 1).

O comportamento dos teores foliares de P, em função das doses de Mg foi quadrático crescente nos dois níveis de irradiância estudados (Figura 1A). O aumento nos teores de P em função das doses de Mg está relacionado ao efeito sinérgico entre estes nutrientes. O Mg tem relação com o transporte de P e de carboidratos nas plantas, sendo que, sua presença aumenta a absorção de P (GUIMARÃES; MENDES, 1997). A absorção do H₂PO₄⁻ é máxima na presença do Mg²⁺; esse papel de “carregador do fósforo”, se explica pela sua participação na ativação de ATPases de membrana, importantes na absorção iônica e na própria geração do ATP na fotossíntese e na respiração. A falta de Mg também inibe a fixação do CO₂, pois é exigido em reações de fotofosforilação e em outras da fase escura do processo (Rubisco, por ex.) (MALAVOLTA, 2006).

Todos os teores foliares de P observados encontraram-se acima da faixa considerada ideal para mudas de cafeeiro (2,2 – 2,5 g kg⁻¹) (GONÇALVES et al., 2009). Os maiores teores de P foram observados nas doses de 400 e 216 mg L⁻¹ de Mg, nos níveis de irradiância 80 e 320 μmol fóton m⁻² s⁻¹, respectivamente. As reduções nos teores foliares de P a partir dessas doses estão relacionadas com o desequilíbrio causado pelo excesso de Mg, com prejuízos na absorção dos nutrientes.

Houve redução nos teores foliares de K com o aumento das doses de Mg (Figura 1B). Esta redução se deve ao efeito antagônico entre estes nutrientes. De maneira geral, o aumento da quantidade absorvida de um cátion pode resultar na redução da absorção de outro cátion (MARSCHNER, 2012). Segundo Mengel e Kirkby (2001), o transporte de Mg através do tonoplasto é mediado pela difusão facilitada, através de canais específicos para o transporte do nutriente. A competição com outros cátions em excesso, principalmente o K, ocorre em função da competição por cargas negativas no citosol. De acordo com Malavolta, Vitti e Oliveira (1989) ocorre uma inibição competitiva entre estes nutrientes, ou seja, há competição pelo mesmo sítio do “carregador” na membrana.

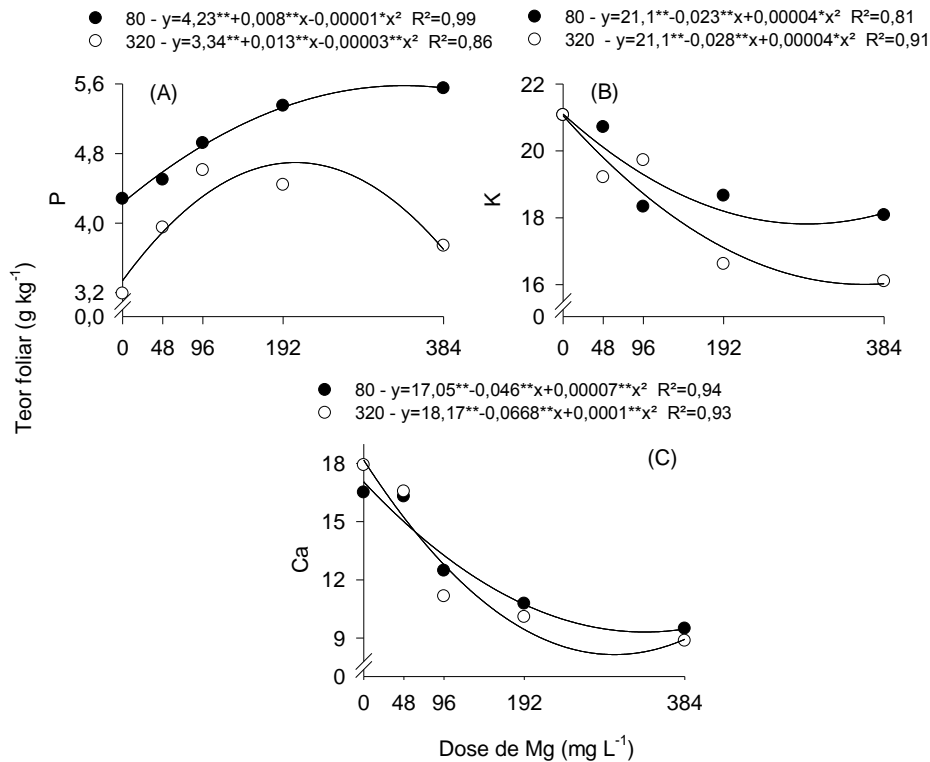


Figura 1 Teores foliares de fósforo (A), potássio (B) e cálcio (C) em mudas de cafeeiros em função da aplicação de diferentes doses de Mg em dois níveis de irradiância. Significativo, pelo teste de t, a 5% (*) e 1% (**)

O inverso do observado neste experimento em solução nutritiva ocorre com frequência em condições de campo, devido à elevada exigência em K pela cultura do cafeeiro e à utilização de formulações ricas nesse nutriente. De acordo com Van Raij (1991), a inibição da absorção de Mg pelo excesso de K ocorre com maior frequência em culturas que necessitam de grandes quantidades de K para obtenção de elevadas produtividades, como o cafeeiro.

Foi observada redução nos teores foliares de K, abaixo do nível crítico estabelecido para mudas de cafeeiros (25,9 a 29,2 g kg⁻¹- GONÇALVES et al., 2009). O equilíbrio na absorção dos cátions é fundamental para se obter produtividades adequadas.

Os teores foliares de Ca decresceram de forma quadrática com o aumento das doses de Mg (Figura 1C). Assim como ocorreu com o K, houve um nítido efeito antagônico entre o Mg e o Ca. Esses dois nutrientes também competem pelo mesmo sítio de absorção; desta forma o excesso de um prejudica a absorção do outro (FAQUIN, 2005). Inclusive no xilema, também pode haver competição entre K, Ca e Mg (MALAVOLTA, 2006). Tal efeito no desequilíbrio nutricional resulta na diminuição no desenvolvimento vegetal (ROSOLEM; MACHADO; BRINHOLI, 1984). Clarck et al. (1997) observaram redução na concentração de Ca na parte aérea, com o aumento da aplicação de Mg na cultura do milho. Em ensaios com aplicação de gesso agrícola em cafeeiros observou-se o inverso. Marques, Faquin e Guimarães (1999) observaram redução dos teores foliares de Mg em função da aplicação de gesso agrícola.

A maioria dos autores considera valores dentro da faixa de 10 a 15 g kg⁻¹ como teores foliares de Ca adequados para a cultura do cafeeiro (MALAVOLTA, 1993; MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997; MATIELLO, 2010; GUIMARÃES et al., 1999; MARTINEZ et al., 2003; CLEMENTE et al., 2008). No entanto, mesmo com o aumento das doses de Mg, os teores foliares de Ca permaneceram acima da faixa adequada para mudas de cafeeiros (6,9 – 7,6 g kg⁻¹-GONÇALVES et al., 2009).

Muito se fala a respeito da relação Ca:Mg, provavelmente esta seja relação mais discutida e conhecida do ponto de vista agrônomo. Ela é importante por haver competição entre Ca e Mg pelos sítios de adsorção no solo (MOREIRA; CARVALHO; EVANGELISTA, 1999), o que pode afetar o desenvolvimento das plantas. A relação ideal para o cafeeiro deve variar entre 3 e 4:1 (GUIMARÃES ; MENDES; 1997; MARTINEZ et al. 2003; RICCI et al., 2005).

Entretanto, na dose que proporcionou maior produção de massa seca (240 mg L^{-1}) (Figura 6), a relação Ca:Mg foi próxima de 1:1. Segundo Furtini Neto et al. (2001), a relação Ca:Mg não é tão crítica, desde que o pH esteja na faixa adequada e que os valores deste dois nutrientes não estejam abaixo do nível crítico.

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).

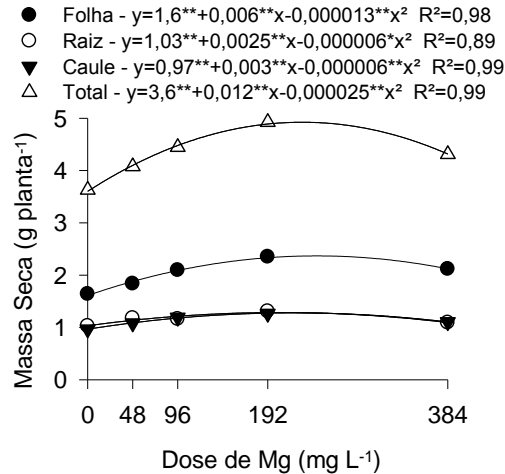


Figura 2 Produção de massa seca nas diferentes partes de mudas de cafeeiros em função da aplicação de diferentes doses de Mg em dois níveis de irradiância. Significativo, pelo teste de t, a 5% (*) e 1% (**)

A maior produção de massa seca total foi de 5 g por planta, obtida na dose de 240 mg L^{-1} . Ressalta-se que os teores foliares de Mg calculados nesta dose, os quais proporcionaram a máxima produção física, estão entre $6,9$ e $8,64 \text{ g kg}^{-1}$. 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 $6,34 \text{ g kg}^{-1}$.

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

- 1 - O Mg proporciona aumentos na absorção de P e reduções na absorção de K e Ca. O nível de irradiância apresenta influência sobre teores foliares de P, K e Ca.
- 2 - A relação Ca:Mg próxima a 1:1 foi correspondente a maior produção de massa seca.
- 3 - O aumento das doses de Mg proporciona acréscimos na produção de massa seca do cafeeiro. A dose de 240 mg L^{-1} proporcionou maior produção de massa seca, independentemente do nível de irradiância.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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.
- CLARK, R. B. et al. Maize growth and mineral acquisition on acid soil amended with flue gas desulfurization byproducts and magnesium. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 28, n. 16, p. 1441-1459, Nov. 1997.
- CLEMENTE, F. M. V. T. et al. Faixas críticas de teores foliares de macronutrientes no cafeeiro em pós-plantio: primeiro ano. **Coffee Science**, Lavras, v. 3, n. 1, p. 47- 57, jan./jun. 2008.
- FAQUIN, V. **Nutrição mineral de plantas**. 2005. 100 p. Monografia (Especialização Fertilidade do solo e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2005.
- FURTINI NETO, A. E. et al. **Fertilidade do solo**. Lavras: Editora da UFLA, 2001.

- GONÇALVES, M. S. **Faixas críticas de teores foliares de nutrientes em mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) produzidas em tubetes**. 2005. 82 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2005.
- 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, R. J.; MENDES, A. N. G. **Nutrição mineral do cafeeiro**. Lavras: Editora da UFLA, 1997.
- 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. **Manual de nutrição mineral de plantas**. Piracicaba: Agrônômica Ceres, 2006.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: Potafos, 1997.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 3. ed. London: Academic Press, 2012.
- MARTINEZ, H. E. P. et al. 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. 703-713, jun. 2003.
- MATIELLO, J. B. et al. **Cultura de café no Brasil: manual de recomendações**. Rio de Janeiro: Mapa, 2010.
- MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. **Principles of plant nutrition**. 5th ed. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2001.
- ROSOLEM, C. A.; MACHADO, J. K.; BRINHOLI, O. Efeito das relações Ca/Mg, Ca/K e Mg/K do solo na produção de sorgo sacarino. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 19, n. 12, p. 1443-1448, dez. 1984.
- 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.
- VAN RAIJ, B. **Fertilidade do solo e adubação**. São Paulo: Ceres, 1991.