

Papel fisiológico do magnésio na fotossíntese, atividade da rubisco e produtividade da soja

Lara Caroline Alves de Oliveira¹, André Rodrigues dos Reis²

E-mail: lara.caroline@unesp.br; andre.reis@unesp.br

¹Doutorando em Agronomia (Produção Vegetal) – Faculdade Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV/UNESP)

²Professor de Fisiologia Vegetal da Faculdade de Ciências e Engenharia (FCE/UNESP)

Edição: Maria Gabriela Dantas B. Lanza (E-mail: maria.dantas@unesp.br)

Em razão da crescente população mundial, grandes serão os desafios para atender a demanda de alimentos. Desta forma, um aumento significativo na produção por unidade de área será essencial. Inúmeras são as alternativas para aumentar o rendimento das culturas. Dentre elas, melhorar a eficiência fotossintética das plantas através do suprimento adequado de nutrientes para espécies vegetais em crescimento. Neste contexto, o magnésio (Mg) é um dos nutrientes mais importantes, em razão de suas funções-chave em processos fisiológicos e bioquímicos durante o crescimento e desenvolvimento das plantas.

O Mg é considerado um elemento esquecido na nutrição de plantas. Entretanto, na última década, os estudos voltados a compreender seu papel na fotossíntese tem aumentado consideravelmente (Li et al., 2020). Dentre as diversas funções do Mg nas plantas, seu importante papel como átomo central da clorofila no complexo de absorção de luz dos cloroplastos e sua atuação no processo de fixação de CO₂ são os mais conhecidos (Gransee & Führes, 2013). Em razão a sua fácil mobilidade no floema, o Mg pode ser facilmente translocado para as áreas de crescimento da planta, onde é necessário para a formação da clorofila e ativação enzimática. Para formação da clorofila, um átomo de Mg está incorporado no centro de um anel de porfirina ligado à quatro íons de nitrogênio, permitindo que as plantas realizem a fotossíntese (Moynier & Fujii, 2017).

Além da síntese da clorofila, o Mg é fundamental na ativação enzimática e estabilidade da membrana em plantas. Está envolvido na ativação de mais de 300 enzimas, dentre elas, a ATPase, onde a ligação do Mg ao ATP é essencial para a atividade das H⁺-ATPases da membrana plasmática, e também na

ativação da ribulose-1,5-bisfosfato carboxilase/oxigenase (rubisco), que requer um íon de Mg para ser ativada (Bhat et al., 2017; Chen et al., 2018).

A rubisco é responsável pela carboxilação do CO₂ atmosférico fixado em ribulose-1,5-bisfosfato(RuBP) para formar duas moléculas de 3-fosfoglicerato (3-PGA), que é subsequentemente usado para construir as moléculas de açúcares a partir do uso de ATP e NADPH, produzidos durante o processo fotossintético (Chen et al., 2018). A quantidade de CO₂ a ser fixado depende de processos bioquímicos, fotoquímicos e da disponibilidade de carbono para a rubisco no estroma dos cloroplastos e pelo aumento da concentração de O₂ externo, formando uma molécula 2-fosfoglicolato, em que o processo de carboxilação é comprometido e as plantas passam a fotorrespirar principalmente em plantas C3 (Busch, 2020; Jaghdani et al., 2021).

O Mg é essencial para a síntese de proteínas e para manter a integridade dos cloroplastos, portanto, sua deficiência pode ocasionar alterações na organização e estrutura do cloroplasto, prejudicar a absorção eficiente da luz e, conseqüentemente a formação da clorofila e a fixação do CO₂ fotossintético (Figura 1), ocasionando acúmulo de elétrons não utilizados nos cloroplastos, provocando a formação de espécies reativas de oxigênio (EROS), o que leva a peroxidação lipídica, desnaturação de proteínas e inibição de enzimas (Jaghdani et al., 2021).

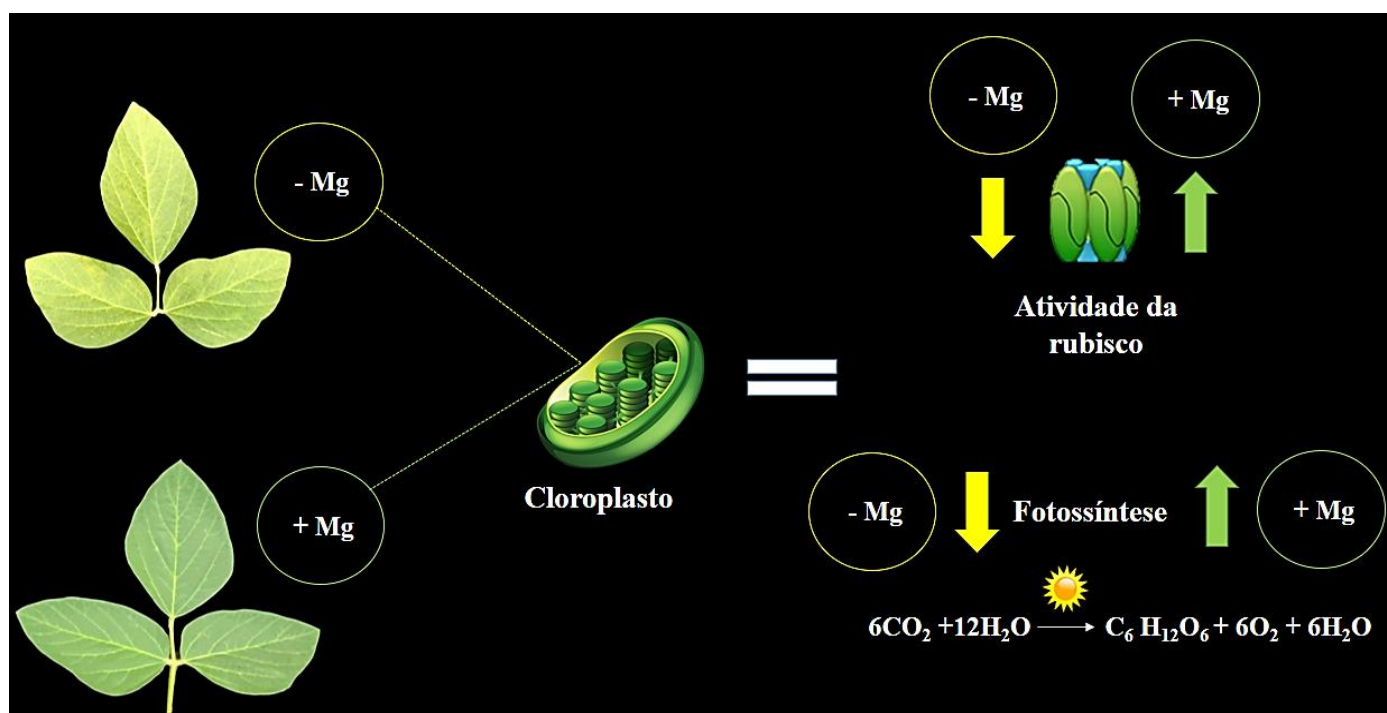


Figura 1. Sintomatologia e resposta fotossintética de plantas sob suprimento adequado e deficiência de Mg.
Foto: Lara Caroline Alves de Oliveira.

Em pesquisas de Tränkner et al. (2016), plantas de cevada deficientes em Mg apresentaram aumento do estresse oxidativo, indicando prejuízos no ganho de carbono e redução da produção de biomassa. Além disso, a carência de Mg compromete a exportação de sacarose no floema, o que ocasiona o acúmulo de

amido nas folhas de origem, constituindo-se um indicativo de insuficiência na exportação de fotoassimilados pela fonte, via floema, comprometendo a realização de processos fisiológicos de interesse do vegetal (Cakmak & Kirby, 2008).

A deficiência de Mg ocasiona prejuízos na clorofila, processo fotossintético, atividade enzimática e, consequentemente redução da produtividade das plantas. O GEFA (Grupo de Estudos em Fisiologia Agrícola) da Unesp Campus de Tupã coordenado pelo Prof. Dr. André Rodrigues dos Reis vem desenvolvendo estudos voltados a compreender o comportamento de diferentes de genótipos de soja sob presença e ausência de Mg, visando identificar genótipos responsivos a adubação magnesiana. O GEFA já obtém resultados preliminares satisfatórios quanto ao aumento da produtividade da soja (Figura 2). A aplicação foliar de 400 g ha⁻¹ de Mg na fonte óxido de Mg em diferentes estágios fenológicos da soja é imprescindível para o aumento do número de vagens e grãos por planta, acarretando na maior produtividade como ilustrado na Figura 2.



Figura 2. Produtividade da soja em função da presença e ausência de Mg. **Foto:** Lara Caroline Alves de Oliveira.

As principais fontes de Mg aplicados em plantas são nitrato, óxido, sulfato e cloreto de Mg. Ainda são necessários estudos para a definição de dose-resposta de cada fonte para diversas espécies vegetais de interesse agrícola. Os solos do Brasil são pobres em Mg, portanto, estudos de aplicação de fontes e doses de Mg em diferentes condições edafoclimáticas são extremamente importantes para aumentar a produtividade das culturas com sustentabilidade.

Referências

- Bhat, J. Y., Thieulin-Pardo, G., Hartl, F. U., & Hayer-Hartl, M. 2017. Rubisco activases: AAA+ chaperones adapted to enzyme repair. *Frontiers in Molecular Biosciences* 4: 20. <https://doi.org/10.3389/fmolb.2017.00020>
- Busch, F. A. 2020. Photorespiration in the context of Rubisco biochemistry, CO₂ diffusion and metabolism. *The Plant Journal* 101(4): 919-939. <https://doi.org/10.1111/tpj.14674>
- Cakmak, I., Kirkby, E.A. 2008. Role of magnesium in carbon partitioning and alleviating photooxidative damage. *Physiologia Plantarum* 133: 692–704. <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.2007.01042.x>
- Chen, Z. C., Peng, W. T., Li, J., Liao, H. 2018. Functional dissection and transport mechanism of magnesium in plants. *Seminars in Cell & Developmental Biology* 74: 142-152. <https://doi.org/10.1016/j.semcd.2017.08.005>
- Gransee, A., Führs, H. 2013. Magnesium mobility in soils as a challenge for soil and plant analysis, magnesium fertilization and root uptake under adverse growth conditions. *Plant and Soil* 368(1-2): 5-21. <https://doi.org/10.1007/s11104-012-1567-y>
- Jaghdani, S. J., Jahns, P., Tränkner, M. 2021. Mg deficiency induces photo-oxidative stress primarily by limiting CO₂ assimilation and not by limiting photosynthetic light utilization. *Plant Science* 302: 110751. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2020.110751>
- Jezek, M., Geilfus, C. M., Bayer, A., Mühling, K. H. 2015. Photosynthetic capacity, nutrient status, and growth of maize (*Zea mays* L.) upon MgSO₄ leaf-application. *Frontiers in Plant Science* 5: 781. <https://doi.org/10.3389/fpls.2014.00781>
- Li, J., Yokosho, K., Liu, S., Cao, H.R., Yamaji, N., Zhu, X.G., Liao, H., Ma, J.F., Chen, Z.C. 2020. Diel magnesium fluctuations in chloroplasts contribute to photosynthesis in rice. *Nature Plants* 6: 848–859. <https://doi.org/10.1038/s41477-020-0686-3>
- Moynier, F., Fujii, T. 2017. Theoretical isotopic fractionation of magnesium between chlorophylls. *Scientific reports* 7(1): 1-6. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-07305-6>
- Tränkner, M., Jákli, B., Tavakol, E., Geilfus, C. M., Cakmak, I., Dittert, K., & Senbayram, M. 2016. Magnesium deficiency decreases biomass water-use efficiency and increases leaf water-use efficiency and oxidative stress in barley plants. *Plant and Soil* 406(1): 409-423. <https://doi.org/10.1007/s11104-016-2886-1>

Citação: Oliveira, L.C.A., Reis, A.R.R. Papel fisiológico do magnésio na fotossíntese, atividade da rubisco e produtividade da soja. *Physiotek Letters* volume 1, p. 22-25, 2021.