



I WORKSHOP DE HORTICULTURA NO SEMIÁRIDO
& VIII SEMANA DE AGRONOMIA
02 a 06 de setembro de 2024

Magnésio foliar promove maior atividade fotossintética em plantas de rabanete sob déficit hídrico

Luan Cordeiro de Souza BARBOSA^{1*}, Milena Emanuela de Jesus BARROS¹, Viviane Silva MARTINS¹, Rita de Cássia do Nascimento Medeiros-SÁ,¹ Rayane Nunes GOMES¹, Paulo Cássio Alves LINHARES¹

I Workshop de Horticultura no semiárido & VIII Semana de Agronomia

¹Universidade Estadual da Paraíba, Campus IV, Catolé do Rocha, PB. *E-mail: luan.barbosa@aluno.uepb.edu.br

RESUMO: Objetivou-se testar o magnésio (Mg) como suplementação foliar para atenuar os efeitos do déficit hídrico nas trocas gasosas de plantas de rabanete. Conduziu-se um experimento em delineamento de blocos casualizados, com 6 tratamentos, constituídos pelas suplementações com Mg foliar (sem: Mg0% e com: Mg2%) em plantas de rabanete sob condições hídricas [irrigado e déficit hídrico (DH)], com base na capacidade de campo (CC): T₁ = Irrigado + Mg0%; T₂ = Irrigado + Mg2%; T₃ = DH50%CC + Mg0%; T₄ = DH50%CC + Mg2%, T₅ = DH30%CC + Mg0% e T₆ = DH30%CC + Mg2%. Avaliaram-se: assimilação líquida de CO₂ (A), condutância estomática (gs), transpiração (E) e concentração intercelular de CO₂ (Ci). O T₂ obteve os maiores valores de A e gs. Já as plantas T₁, T₃ e T₄ obtiveram resultados semelhantes dessa característica. Os T₁, T₂ e T₄, obtiveram os maiores valores de E. Os menores valores de Ci foram das plantas T₂ e T₄. Portanto, sob condições normais de água e com aplicação do Mg foliar as plantas de rabanete apresentaram maior atividade fotossintética. O Mg2% foliar foi eficiente para atenuar os efeitos do déficit hídrico a 50%CC nas trocas gasosas de plantas de rabanete.

PALAVRAS-CHAVE: *Raphanus sativus* L.; estresse abiótico; macronutriente secundário; produção vegetal.

INTRODUÇÃO

O rabanete (*Raphanus sativus* L.), é uma espécie da família Brassicaceae, que também inclui vegetais como couve, repolho e mostarda, é conhecido pelo seu pequeno e característico bulbo de raiz comestível, que pode variar em tamanho, forma e cor, dependendo da variedade (AMIRABAD et al., 2020). É um vegetal de crescimento rápido, o qual é cultivado em todo o mundo, devido à sua facilidade em se adaptar em diferentes climas e por ser uma cultura de ciclo curto, tornando-se uma opção interessante para o produtor rural (RIBEIRO et al., 2024).

No entanto, sua produção é limitada com déficit hídrico, um dos estresses abióticos que mais afetam a produtividade das culturas (ANDRADE et al., 2022). Com isso, esse estresse afeta o crescimento e o desenvolvimento vegetal, promovendo diferentes respostas nas plantas, como é o caso da perda de turgor celular, causando o fechamento parcial ou total dos estômatos (MENEZES-SILVA et al., 2017, SILVA et al., 2021), resultando em limitações difusivas e bioquímicas (MENDES et al., 2017, SILVA et al., 2022), o que pode comprometer o aparato fotossintético (MENEZES-SILVA et al., 2017; SILVA et al., 2021).

Porém, respostas de defesas de plantas aos efeitos do déficit hídrico, podem ser encontradas com a suplementação foliar com o magnésio (Mg), que é o elemento mineral essencial ao metabolismo vegetal. Além de ser o elemento central da molécula de clorofila, está relacionado com a atividade fotossintética das plantas, por ser cofator enzimático, como o composto Mg-ATP, atuando nas trocas gasosas (CAKMAK et al., 1994; HERMANS et al., 2004; PRADO, 2021).

Assim sendo, esta pesquisa teve como hipótese que o Mg pode estimular a atividade fotossintética de plantas de rabanete sob déficit hídrico por ser cofator enzimático atuantes na fotossíntese. O objetivo foi testar o Mg como suplementação foliar para atenuar os efeitos do déficit hídrico nas trocas gasosas de plantas de rabanete.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação localizada no Centro de Ciências Humanas e Agrárias (CCHA), da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), Campus IV, município paraibano de Catolé

do Rocha, durante o período de dezembro de 2023 a janeiro de 2024. Este município está localizado geograficamente sob Latitude de 6° 20' 28" Sul e Longitude de 37° 44' 59" Oeste, a 272 m de altitude, com classificação climática segundo Koppen do tipo BSh, semiárido quente e seco, com vegetação do tipo Caatinga, Sertão e temperatura média de 27,00°C, com pluviosidade média anual de 874,40 mm e, concentrada nos meses de fevereiro a abril, distribuída de forma irregular (FIGUEREDO et al., 2024).

Utilizou-se o delineamento experimental de blocos casualizados (DBC), esquema fatorial 2×3 , sendo 6 tratamentos distribuídos em 6 repetições, totalizando 36 unidades experimentais. Os tratamentos (T) corresponderam a suplementação com Mg foliar (sem: Mg0% e com: Mg2%) de plantas de rabanete em diferentes condições hídricas [irrigado e déficit hídrico (DH)], com base na capacidade de campo (CC), como descritos a seguir: T₁ = Irrigado + Mg0%; T₂ = Irrigado + Mg2%; T₃ = DH50%CC + Mg0%; T₄ = DH50%CC + Mg2%, T₅ = DH30%CC + Mg0% e T₆ = DH30%CC + Mg2%.

Cada unidade experimental foi composta por uma planta de rabanete em um saco plástico de polietileno com capacidade de 3 dm³. O cultivar de rabanete utilizado foi o híbrido Rubro F1, cultivado em solo areno-argiloso, com acréscimo de esterco bovino curtido. Foi realizada a semeadura em bandejas de polietileno e após 7 dias da germinação, as mudas foram transplantadas para os sacos de polietileno e protegidas por tela sombrite, com taxa de sombreamento de 50%, para evitar danos causadas pela alta radiação solar, e em seguida, foram irrigadas normalmente até o surgimento das primeiras folhas verdadeiras.

Nos tratamentos em que as plantas de rabanete receberam aplicação de Mg foliar (Mg2%) utilizou-se como fonte o Sulfato de Magnésio [MgSO₄.7H₂O (Sinth - PA)], aplicado na concentração de 2% (v/v) do Mg (LINHARES, 2021). Foram realizadas duas aplicações dessa solução nas plantas de rabanete: no décimo dia após o transplantio e a segunda, 15 dias após a primeira aplicação. Nas plantas sem aplicação de Mg (Mg0%) foi aplicada água potável via foliar.

As aplicações foliares referentes a cada tratamento, foram realizadas utilizando-se um pulverizador manual com capacidade para 1,5 L (Compressão Prévia; Ducampo®). Na preparação da solução de Mg (Mg2%) e da água (Mg0%) foi adicionado óleo mineral na concentração de 0,01%, para quebrar a tensão superficial da água, e aumentar a área de molhamento das folhas, sendo a aplicação realizada até o ponto de escorrimento (FERNÁNDEZ et al., 2006). No momento de cada aplicação, foram tomados os cuidados necessários para evitar o contato das plantas dos tratamentos com Mg0% com o Mg aplicado nas plantas dos demais tratamentos.

A irrigação foi realizada diariamente, de forma manual, utilizando água de abastecimento local, com um béquero de 1 L e uma proveta de 100 mL. As plantas do T₁ e T₂ foram mantidas a 80% da CC. Para aplicar a lâmina de água correspondente a cada tratamento das condições hídricas testadas, foi utilizado o método da lisimetria de drenagem, sendo utilizados dois drenos de referência, para cada tratamento, em parcela adicional. O volume aplicado foi estimado, com base na média de consumo de água por 2 plantas. Com isso, o volume aplicado foi obtido através da diferença entre a lâmina aplicada menos o valor médio da drenagem, dividido pelo número de plantas.

Aos 34 dias após o plantio, foi realizada uma análise de trocas gasosas, na terceira folha totalmente expandida de cada planta. Avaliaram-se: assimilação líquida de CO₂ (A, $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), condutância estomática (gs, $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), transpiração (E, $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) e concentração intercelular de CO₂ (Ci, $\mu\text{mol mol}^{-1}$), através de um analisador de gases por infravermelho de fluxo aberto (IRGA) (CIRAS-3, PP System, Amesbury, MA, EUA), com controle de temperatura a 25 °C, irradiação de 1200 $\mu\text{mol fótons m}^{-2} \text{s}^{-1}$ e vazão de ar de 400 mL min⁻¹ no nível atmosférico de CO₂ (ANDRADE et al., 2022).

Os dados obtidos foram submetidos à análises de homogeneidade das variâncias (LEVENE; BARTLETT, $p \geq 0,05$) e normalidade (SHAPIRO-WILK, $p \geq 0,05$), utilizando-se a plataforma R versão 4.4.1., com o pacote *car* (FOX; WEISBERG, 2019). Posteriormente, foram submetidos a uma análise de variância (Teste F, $p \leq 0,05$), e as médias foram comparadas através do teste Tukey ($p \leq 0,05$), utilizando o software Sisvar®, versão 5.8 (FERREIRA, 2019).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A suplementação com magnésio estimulou maior atividade fotossintética das plantas de rabanete, promovendo melhor desempenho, de 10% em relação às plantas sem Mg, sob condições de déficit hídrico a 50% da CC. As plantas Irrigado + Mg2% apresentaram os maiores valores de A, diferindo significativamente dos demais tratamentos (Figura 1A). Foi observado que as plantas Irrigado + Mg0%, DH50%CC + Mg0% e DH50%CC + Mg2% obtiveram resultados semelhantes dessa característica, enquanto, as plantas DH30%CC

+ Mg0% e DH30%CC+ Mg2%, foram as que apresentaram os menores valores. O Mg é um elemento que estimula a atividade fotossintética das plantas, por ter atuação direta no Ciclo de Calvin-Benson (HERMANS et al., 2004; PRADO, 2021), sendo que, essas plantas mantêm maior produção de fotoassimilados para suas funções metabólicas (SILVA et al., 2022; ANDRADE et al., 2022).

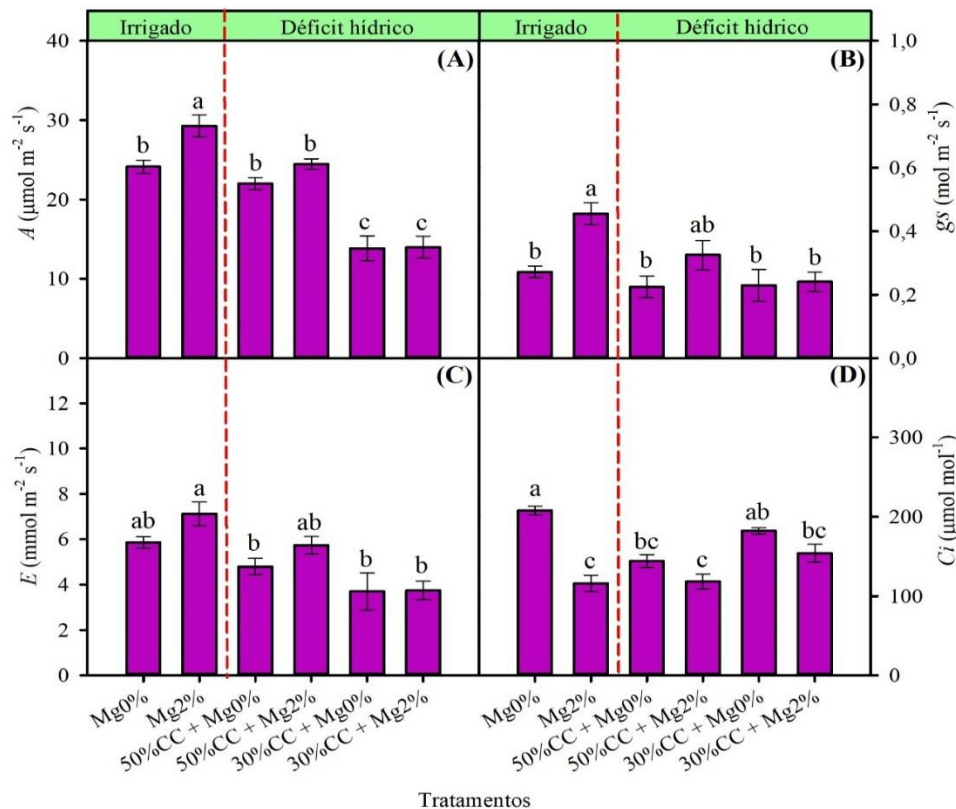


Figura 1. Assimilação líquida de CO_2 (A, A), condutância estomática (g_s , B), transpiração (E , C) e concentração interna de CO_2 (C_i , D), de plantas de rabanete sem (Mg0%) e com (Mg2%) suplementação com magnésio foliar sob diferentes condições hídricas. Médias com mesma letra não diferem entre si (Tukey, $p \leq 0,05$). As barras representam o erro padrão da média ($n=6$).

Em condições bem irrigada, as plantas Irrigado + Mg2% obtiveram os maiores valores de g_s , em que, elas foram semelhantes às DH50%CC + Mg2% (Figura 1B). Este resultado indica que para condição de boa disponibilidade de água no solo, mais aplicação de Mg2%, proporcionam uma maior condutância estomática resultando em maiores trocas gasosas e consequentemente maior assimilação de carbono, para a produção de carboidratos (MENEZES-SILVA et al., 2017; PRADO, 2021). Os tratamentos Irrigado + Mg0%, Irrigado + Mg2% e DH50%CC + Mg2%, obtiveram os maiores valores de E , sendo semelhantes entre si (Figura 1C). O Mg atuou no estímulo para maior transpiração das plantas de rabanete, o que pode ser vantajoso em termos de resfriamento, manutenção do turgor celular e transporte de nutrientes (HERMANS et al., 2004; CETNER et al., 2020).

Em relação ao C_i , os maiores valores foram das plantas Irrigado + Mg0%, em que, as foram semelhantes as plantas DH30%CC + Mg0% (Figura 1D). De outra forma, os menores valores foram das plantas Irrigado + Mg2% e DH50%CC + Mg2%. Isso indica que o C_i foi utilizado na atividade fotossintética das plantas de rabanete, estimulado pela suplementação com Mg. O C_i é crucial para a eficiência e taxa da fotossíntese nas plantas, no qual, uma concentração adequada de CO_2 permite uma taxa otimizada de fotossíntese (CETNER et al., 2020; SILVA et al., 2021; ANDRADE et al., 2022).

CONCLUSÕES

Sob condições normais de água e com aplicação do Mg foliar as plantas de rabanete apresentaram maior atividade fotossintética. O Mg2% foliar foi eficiente para atenuar os efeitos do déficit hídrico a 50%CC nas trocas gasosas de plantas de rabanete. Em condições de déficit hídrico de 30%CC o magnésio não atenua os efeitos causados por esse estresse abiótico.

REFERÊNCIAS

- AMIRABAD, S. A.; BEHTASH, F.; VAFAEE, Y. Selenium mitigates cadmium toxicity by preventing oxidative stress and enhancing photosynthesis and micronutrient availability on radish (*Raphanus sativus* L.) cv. Cherry Belle. *Environmental Science and Pollution Research*, v. 27, p.12476-12490, 2020.
- ANDRADE, L. I. F.; LINHARES, P. C. A.; FONSECA, T. M.; SILVA, A. A.; SANTOS, J. P.; PEREIRA, M. P.; SILVA, V. A.; MARCHIORI, P. E. R. Photosynthetic efficiency and root plasticity promote drought tolerance in coffee genotypes. *Acta Physiologiae Plantarum*, v. 44, n. 109, p. 2022.
- CAKMAK, I.; HENGELER, C.; MARSCHNER, H. Partitioning of shoot and root dry matter and carbohydrates in bean plants suffering from phosphorus, potassium and magnesium deficiency. *Journal of Experimental Botany*, v. 45, n. 9, p. 1245-1250, 1994.
- CETNER, M. D.; KALAJI, H. M.; BORUCKI, W.; KOWALCZYK, K. Phosphorus deficiency affects the I-step of chlorophyll a fluorescence induction curve of radish. *Photosynthetica*, v. 58 (SI), p. 671-681, 2020.
- FERNÁNDEZ, V.; RÍO, V. D.; ABADÍA, J.; ABADÍA, A. Foliar iron fertilization of peach (*Prunus persica* (L.) Batsch): effects of iron compounds, surfactants and other adjuvants. *Plant and Soil*, v. 289, p. 239-252, 2006.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer analysis system to fixed effects split plot type designs. *Revista Brasileira de Biometria*, v. 37, n. 4 [S.l.], p. 529-535, 2019.
- FIGUEREDO, G. M.; SOUSA, C. S.; MESQUITA, E. F.; MESQUITA, F. O.; DINIZ, J. P. C.; BRITO NETO, J. F.; MELO, A. S.; ARAÚJO ROCHA, J. L. Variability of temperature, rainfall and reference evaporation of Catolé do Rocha PB municipality, semi-arid region of Brazil. *Revista JRG de Estudos Acadêmicos*, v. 7, n.14, p. 1-13, 2024.
- FOX, J.; WEISBERG, S. An {R} companion to applied regression, third edition. Thousand Oaks CA: Sage. 2019. Disponível em: <<https://socialsciences.mcmaster.ca/jfox/Books/Companion/>>. Acessado em 25 de janeiro de 2021.
- HERMANS, C.; JOHNSON, G.N.; STRASSER, R.J.; VERBRUGGEN, N. Physiological characterization of magnesium deficiency in sugar beet: acclimation to low magnesium differentially affects photosystems I and II. *Planta*, v. 220, n. 2, p. 344-355, 2004.
- LINHARES, P. C. A. Tolerância ao déficit hídrico de mudas de *Coffea arabica* L. suplementadas com magnésio foliar. 2021. Tese (Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fisiologia Vegetal), Universidade Federal de Lavras. Lavras, MG. 99 p.: il.
- MENDES, K. R.; MARENCO, R. A.; NASCIMENTO, H. C. S. Velocidade de carboxilação da Rubisco e transporte de elétrons em espécies arbóreas em resposta a fatores do ambiente na Amazônia central. *Ciência Florestal*, v. 27, n. 3, p. 947-959, 2017.
- MENEZES-SILVA, P. E.; SANGLARD, L. M. P. V.; ÁVILA, R. T.; MORAIS, L. E.; MARTINS, S. C. V.; NOBRES, P.; PATREZE, C. M.; FERREIRA, M. A.; ARAÚJO, W. L.; FERNIE, A. R.; DAMATTA, F. M. Photosynthetic and metabolic acclimation to repeated drought events play key roles in drought tolerance in coffee. *Journal of Experimental Botany*, v. 68, n. 15, p. 4309-4322, 2017.
- PRADO, M. R. Magnesium. In: *Mineral nutrition of tropical plants*. Springer, p. 165-174, 2021.
- RIBEIRO, J. E. S.; SILVA, A. G. C.; COELHO, E. S.; OLIVEIRA, P. H. A.; SILVA, E. F.; OLIVEIRA, A. K. S.; SANTOS, G. L.; LIMA, J. V. L.; SILVA, T. I.; SILVEIRA, L. M.; BARROS JÚNIOR, A. P. Melatonin mitigates salt stress effects on the growth and production aspects of radish. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.28, n.4, e279006, 2024.
- SILVA, A. A.; LINHARES, P. C. A.; ANDRADE, L. I. F.; CHAVES, J. T. L.; BARBOSA, J. P. R. A. D.; MARCHIORI, P. E. R. Potassium supplementation promotes osmotic adjustment and increases water use efficiency in sugarcane under water deficit. *Sugar Tech*, v. 23, n. 5, p. 1075-1084, 2021.
- SILVA, A. A.; RUBIO, Z. C. C.; LINHARES, P. C. A.; ROCHA E SILVA, K.; PIMENTEL, G. V.; MARCHIORI, P. E. R. Genotypic variation of sugarcane for salinity tolerance: Morphological and physiological responses. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 46, e000122, 2022.