

SILICIO VIA FERTIRRIGAÇÃO MELHORA AS TROCAS GASOSAS NO FEIJOEIRO CESCENDO SOBRE TRÊS REGIMES HIDRICOS NO SOLO

CARLOS VITAL GONZALEZ PORRAS¹, GELZA CARLIANE MARQUES TEIXEIRA², RENATO DE MELLO PRADO³, PATRÍCIA MESSIAS FERREIRA⁴, LUIZ FABIANO PALARETTI⁵, KAMILLA SILVA OLIVEIRA⁶

¹ Mestrando em Produção Vegetal pela Unesp/FCAV, Jaboticabal, São Paulo, e-mail: vital_gp@outlook.es

² Doutora em Ciência do Solo pela Unesp/FCAV, Jaboticabal, São Paulo, e-mail: gelzacarliane@hotmail.com

³ Professor Doutor no Departamento de Ciências Agrícolas. Unesp/FCAV, e-mail: rm.prado@unesp.br

⁴ Doutoranda na Produção Vegetal pela Unesp/FCAV, e-mail: patricia.m.ferreira@unesp.br

⁵ Professor Doutor no Departamento de Engenharia e Ciências Exatas, Unesp/FCAV, e-mail: luiz.f.palaretti@unesp.br

⁶ Doutora em Ciência do Solo pela Unesp/FCAV, e-mail: kamilla.s.oliveira@unesp.br

Apresentado no
LII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2023
18 a 21 de outubro de 2023 – Ribeirão Preto - SP, Brasil

RESUMO: Os períodos de secas são cada vez mais constantes resultado das mudanças climáticas que intervêm nos processos produtivos na agricultura, gerando quedas nas produções, porém é importante utilizar estratégias que ajudem a melhorar os efeitos causados pela falta de água nas plantas, sendo o Si um elemento que tem demonstrado efeitos positivos diante de multiplex estresses. Para isso foi realizada essa pesquisa objetivando avaliar os efeitos de doses de Si aplicadas via fertirrigação em diferentes regimes hídricos, nas trocas gasosas da cultura do feijão cultivado sob condições de campo. O experimento consistiu de um fatorial duplo (3x4) sendo três regimes hídricos: 80% (sem déficit), 60% (déficit hídrico moderado) e 40% (déficit hídrico severo) da capacidade de retenção de água no solo e quatro doses de Si fornecidas via fertirrigação: 0; 4; 8 e 12 kg ha⁻¹. A aplicação de Si via fertirrigação melhorou as condições das plantas que foram submetidas ao déficit hídrico, refletido no melhoramento das trocas gasosas.

PALAVRAS-CHAVE: *Phaseolus vulgaris* L., Irrigação, Silicato.

SILICON VIA FERTIRRIGATION IMPROVES GAS EXCHANGE IN THE BEAN TROUGHING ON THREE HYDRIC REGIMES IN THE SOIL

ABSTRACT: Drought periods are more and more constant as a result of climate changes that intervene in the productive processes in agriculture, generating drops in production, however it is important to use strategies that help to improve the effects caused by the lack of water in the plants, being Si a element that has shown positive effects in the face of multiplex stresses. For this, this research was carried out in order to evaluate the effects of Si doses applied via fertirrigation in different water regimes, on the gas exchanges of the bean crop cultivated under field conditions. The experiment consisted of a double factorial (3x4) with three water regimes: 80% (no deficit), 60% (moderate water deficit) and 40% (severe water deficit) of the water retention capacity in the soil and four doses of Si supplied via fertigation: 0; 4; 8 and 12 kg ha⁻¹. The application of Si via fertirrigation improved the conditions of the plants that were subjected to water deficit, reflected in the improvement of gas exchange.

KEYWORDS: *Phaseolus vulgaris* L., Irrigation, Silicate.

INTRODUÇÃO: A disponibilidade de água nos sistemas produtivos está sendo cada vez mais afetada pelas mudanças climáticas (PIZARRO et al., 2022). Estima-se que para 2050, a demanda aumentará 11%, especialmente devido a perdas por evaporação que devem aumentar como resultado das altas temperaturas e flutuação nas precipitações. Assim, cenários futuros indicam conflitos pela competitividade da água, ressaltando que as tecnologias empregadas para a irrigação devem ter a sua eficiência melhorada (MALEK et al., 2018). O efeito benéfico do Si no alívio dos danos causados pelo déficit hídrico já foi demonstrado em diversas espécies, especialmente do grupo das Poaceae, como milho (AMIN et al., 2014), em mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar (TEIXEIRA et al., 2021), bem como, em plantas fava (DESOKY et al., 2021). Contudo, os benefícios do Si são influenciados pela capacidade das plantas em absorver e acumular o elemento (FREW et al., 2018). Por essa razão, a maioria dos estudos com Si foram desenvolvidos em plantas acumuladoras do elemento (Poaceae), que possuem mecanismo de absorção ativo por transportadores. Diante disso foi desenvolvido essa pesquisa objetivando-se avaliar os efeitos de doses de Si aplicada via fertirrigação em diferentes regimes hídricos sem e com déficit hídrico moderado e severo, nas trocas gasosas no crescimento da cultura do feijão cultivado sob condições de campo.

MATERIAL E MÉTODOS: A pesquisa foi realizada em condições de campo na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da Universidade Estadual Paulista, localizada em Jaboticabal (-21° 14' 50.7" de latitude e 48° 17' 01.8" de longitude, 546 m de altitude), São Paulo, Brasil. A duração do experimento foi de maio a agosto de 2022. O solo da área experimental foi classificado como um Latossolo Vermelho eutrófico (ANDRIOLI; CENTURION, 1999). Foi utilizada a cultivar de feijoeiro Carioca BSR FC 402 tendo elevado potencial produtivo e nutricional e com resistência à antracnose e murcha-de-fusário (EMBRAPA, 2017).

Os tratamentos consistiram de um fatorial 3x4, sendo: três regimes hídricos: 80% (sem déficit hídrico) (WWD), 60% (déficit hídrico moderado) (MWD) e 40% (déficit hídrico severo) (SWD) da capacidade de retenção de água no solo (CRA) e quatro doses de Si fornecidas via fertirrigação por sistema de gotejamento: 0; 4; 8 e 12 kg⁻¹. O experimento foi instalado em esquema de parcela sub-dividida dispostos em delineamento de blocos casualizados, com quatro repetições. As parcelas experimentais tiveram dimensões de 2,25m de largura com espaçamento entre linhas de 0,45 m e 6 m de comprimento, tendo área total de 13,5 m² e área útil para as avaliações de 5,4 m². As doses de Si foram aplicadas em seis parcelamentos, aos 22, 32, 38, 41, 44 e 47 dias após da emergência plena (DAE). As doses aplicadas foram fracionadas conforme o número de aplicações, sendo usadas as concentrações de 0; 0,67; 1,33 e 2,00 kg ha⁻¹ de Si. Na lâmina de 2,5 mm (2,5 L m²) essas concentrações correspondem a 0; 0,96; 1,90 e 2,85 mmol L⁻¹ de Si na solução em cada aplicação. A fonte de Si utilizada foi o silicato de sódio estabilizado com sorbitol (Si = 115,2 g L⁻¹, Na₂O = 60,5 g L⁻¹, 100 mL L⁻¹ de sorbitol). As plantas foram cultivadas durante todo o ciclo fenológico e as análises foram realizadas na fase de florescimento pleno, iniciando aos 63 DAE.

Nas trocas gasosas foi avaliado a fotossíntese líquida (A), taxa de transpiração (E), condutância estomática (Gs) e concentração interna de C (Ci) foram medidas usando um analisador de gás infravermelho aberto (LcPro-SD, ADC BioScientificLtd., RB). Sendo determinadas no folíolo central da quinta folha completamente desenvolvida. A leitura foi realizada no período entre 9 e 11 horas da manhã.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: A fotossíntese (A) e a condutância estomática (Gs) das plantas de feijão apresentaram efeitos significativos para fatores isolados (p<0,01), com os resultados de doses de Si ajustados ao modelo de regressão polinomial quadrático (Fig. 1a-b). A concentração interna de CO₂ (Ci) (p<0,05), a transpiração (E) (p<0,05), foram influenciados pelo efeito da interação entre os fatores (WR x Si) mas, de forma semelhante,

apresentaram ajuste seguindo modelo polinomial quadrático (Fig. 1c-d). Os valores máximos de A foram de 18,1; 12,2 e 9,8 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ obtidos nas doses 4,6; 6,2 e 6,5 kg ha^{-1} de Si respectivamente, para as condições sob WWD, MWD e SWD. Em todas as doses de Si, plantas sob SWD apresentaram menores valores de A, enquanto plantas sob WWD, apresentaram os maiores valores desta variável (Fig. 1a). Para Gs, os valores máximos foram de 0,52; 0,37 e 0,24 $\mu\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ nas doses de 3,7; 2,9 e 4,1 kg ha^{-1} de Si, respectivamente, em plantas sob WWD, MWD e SWD. Nas menores doses de Si (0 e 4 kg ha^{-1} de Si), plantas sob WWD apresentaram maiores taxas de Gs, em relação às submetidas as condições de MWD e SWD. Nas doses 8 e 12 kg ha^{-1} de Si, as plantas sob WWD e MWD apresentaram taxas de Gs semelhantes entre si e superiores às sob SWD (Fig. 1b). As maiores concentrações de CO₂ foram de 317,9; 328,1 e 316,4 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1}$ nas doses de Si de 7,5; 5,6 e 5,8 kg ha^{-1} de Si respectivamente, para WWD, MWD e SWD. Plantas sob MWD apresentaram maiores Ci nas doses de 0; 4 e 12 kg ha^{-1} de Si em relação às plantas sob WWD e SWD, mas na dose 8 kg ha^{-1} de Si, os três regimes hídricos apresentaram Ci semelhantes (Fig. 1c). As máximas taxas de E ocorreram nas plantas que receberam as doses de 5,7; 4,2 e 8,1 kg ha^{-1} de Si, atingindo valores de 8,1; 7,0 e 3,5 $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, respectivamente, para WWD, MWD e SWD. A maior E foi obtida em plantas cultivadas sob WWD, contudo, o menor E foi obtido em plantas sob SWD em todas as doses de Si fornecidas (Fig. 1d).

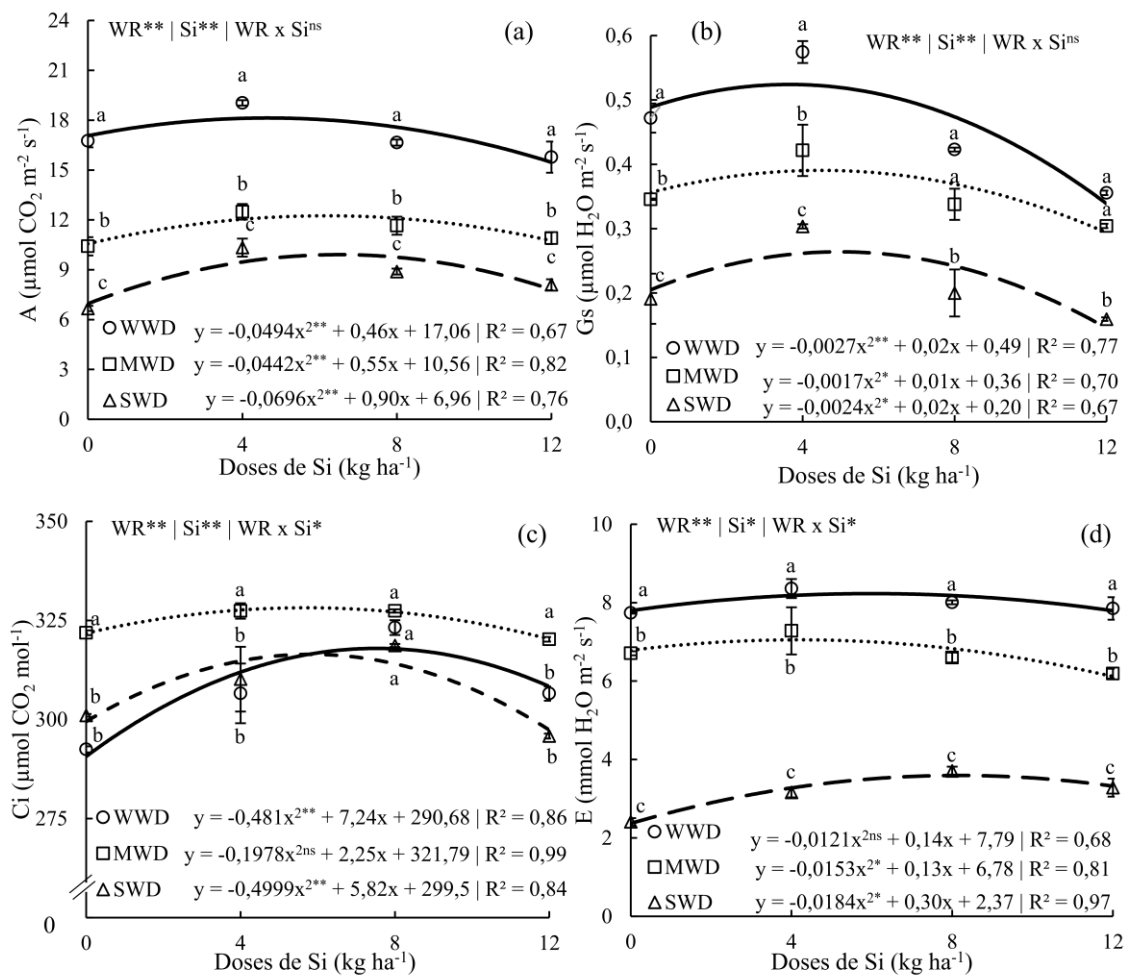


FIGURA 1. Fotossíntese (A) (a), condutância estomática (Gs) (b), concentração interna de CO₂ (Ci) (c), Transpiração (E) (d) em plantas de feijão cultivada sem déficit hídrico – WWD (70% da capacidade de retenção de água - WRC), com déficit hídrico moderado – MWD

(60% de WRC) e com déficit hídrico severo – SWD (40% de WRC); combinado com doses de Si (Si) fornecidas via fertirrigação: 0, 4, 8 e 12 kg ha⁻¹. Letras mostram diferenças para os regimes hídricos (WR) em cada dose de Si ($p < 0,05$, teste de Tukey). * e **: significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente e ns: não significativo pelo teste F.

O enriquecimento com Si nas plantas favoreceu as trocas gasosas, especialmente na taxa fotossintética, condutância estomática e transpiração, mesmo efeito que foi descrito na cultura da fava (DESOKY et al., 2021). Em plantas de trigo e de sorgo o fornecimento de Si também foi visto esses resultados. Para a Ci (Fig. 1c) a aplicação de Si não teve uma diferença significativa o que foi descrito na cultura do sorgo onde a Ci se manteve tanto para condições adequadas e deficientes de água, independente do fornecimento de Si (HATTORI et al., 2005). Num estudo prévio com feijoeiro sobre deficiência hídrica sem adição de Si estes valores tiveram uma diminuição bem significativa igual a 75% nas trocas gasosas (FOGAÇA et al., 2023), no entanto neste estudo quando o Si é adicionado nas plantas estes parâmetros são melhorados em até 40%. Isso demonstra que o Si é uma alternativa para o uso no cultivo do feijão ao favorecer estes parâmetros fisiológicos dado fato que o fornecimento de Si via fertirrigação foi muito eficiente para nutrir a planta com esse elemento.

CONCLUSÕES: A aplicação de Si via fertirrigação melhorou as condições das plantas que foram submetidas a estresse hídrico severo e moderado, o que foi refletido nas trocas gasosas, sendo uma alternativa para manter o funcionamento adequado destes parâmetros na cultura do feijoeiro sobre sistemas de cultivo irrigados.

REFERÊNCIAS: AMIN, M. et al. Silicon Induced Improvement in Morpho-Physiological Traits of Maize (*Zea Mays* L.) Under Water Deficit. *Pakistan Journal of Agricultural Research*, v. 51, p. 187–196, abr. 2014.

ANDRIOLI, I; J. F. CENTURION. Levantamento detalhado dos solos da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal. En Congresso Brasileiro de Ciência do Solo 27: Resumos da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Anais.Brasilia, DF: 1999

DESOKY, E. S. M. et al. Physio-Biochemical and Agronomic Responses of Faba Beans to Exogenously Applied Nano-Silicon Under Drought Stress Conditions. *Frontiers in Plant Science*, v. 12, p. 637783, 16 set. 2021.

EMBRAPA. Comunicado Técnico BRS FC402: Cultivar de Feijão-Comum Carioca com Alta Produtividade, Resistência à Antracnose e Murcha-de-Fusário. 2017.

FREW, A. et al. The role of silicon in plant biology: a paradigm shift in research approach. *Annals of Botany*, v. 121, n. 7, p. 1265–1273, 8 jun. 2018.

HATTORI, T. et al. Application of silicon enhanced drought tolerance in *Sorghum bicolor*. *Physiologia Plantarum*, v. 123, n. 4, p. 459–466, 1 abr. 2005.

MALEK, K. et al. When Should Irrigators Invest in More Water-Efficient Technologies as an Adaptation to Climate Change? *Water Resources Research*, v. 54, n. 11, p. 8999–9032, 1 nov. 2018.

MARCOS FOGAÇA, A. et al. Physiological and morphological responses of two beans common genotype to water stress at different phenological stages. *Bioscience Journal*, v. 39, p. e39053–e39053, 6 abr. 2023.

PIZARRO, E. et al. Irrigation management or climate change? Which is more important to cope with water shortage in the production of table grape in a Mediterranean context. *Agricultural Water Management*, v. 263, p. 107467, 1 abr. 2022.

TEIXEIRA, G. C. M. et al. Beneficial Effect of Silicon Applied Through Fertigation Attenuates Damage Caused by Water Deficit in Sugarcane. *Journal of Plant Growth Regulation*, p. 1–16, 8 out. 2021.