

## SI AUMENTA O ACUMULO DE MACROELEMENTOS EM FEIJOEIRO CULTIVADO EM CAMPO COM E SEM APLICAÇÃO DE K SOBRE TRÊS NÍVEIS DE ÁGUA

GELZA CARLIANE MARQUES TEIXEIRA<sup>1</sup>, CARLOS VITAL GONZALEZ PORRAS<sup>2</sup>, RENATO DE MELLO PRADO<sup>3</sup>, PATRÍCIA MESSIAS FERREIRA<sup>4</sup>, KAMILLA SILVA OLIVEIRA<sup>5</sup>, LUIZ FABIANO PALARETTI<sup>6</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Agronomia, Tocantins Instituto Federal (IFTO), Tocantins.

<sup>2</sup> Doutorando em Produção Vegetal pela Unesp/FCAV, Jaboticabal, São Paulo, e-mail: vital\_gp@outlook.es

<sup>3</sup> Professor Doutor no Departamento de Ciências Agrícolas. Unesp/FCAV

<sup>4</sup> Doutoranda na Produção Vegetal pela Unesp/FCAV

<sup>5</sup> Pós-Doutoranda em Ciência do Solo pela Unesp/FCAV

<sup>6</sup> Professor Doutor no Departamento de Engenharia e Ciências Exatas, Unesp/FCAV

Apresentado no  
LIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2024  
6 a 8 de agosto de 2024 – Natal – RN, Brasil

**RESUMO:** A diminuição do teor de água do solo tem causado danos fisiológicos, bioquímicos e morfológicos na planta que são agravados pela deficiência nutricional. Uma opção de mitigar déficit hídrico é com uso do Si a partir de mecanismos fisiológicos, mas recentemente tem relatos indicando que esse elemento pode atenuar deficiência de nutrientes nas plantas. Para isso, realizou-se essa pesquisa objetivando avaliar os efeitos de doses de Si aplicada via fertirrigação em diferentes regimes hídricos, na ausência e na presença de adubação potássica no acúmulo de nutrientes e eficiência nutricional do feijoeiro cultivado sob condições de campo. Foram realizados dois experimentos: com e sem o fornecimento de K. Em ambos os experimentos, os tratamentos consistiram em fatorial 3x4, sendo três regimes hídricos: 80% (sem déficit hídrico), 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<sup>-1</sup>. A dose apropriada de Si a ser aplicada aumentou com a severidade do déficit hídrico, sendo recomendado a dose de 6, 7 e 8 kg ha<sup>-1</sup> de Si para a condição hídrica adequada, o déficit hídrico moderado e severo, respectivamente.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Phaseolus vulgaris*, silicatos, eficiência nutricional.

## SI INCREASES NUTRIENT ABSORPTION AND USE IN FIELD-GROWN BEANS WITH AND WITHOUT K APPLICATION UNDER THREE WATER LEVELS.

**ABSTRACT:** The decrease in soil water content has caused physiological, biochemical, and morphological damage to the plant, which is exacerbated by nutritional deficiency. One option to mitigate water deficit is through the use of silicon (Si) through physiological mechanisms, but recently there have been reports indicating that this element can alleviate nutrient deficiencies in plants. Therefore, this research was conducted to evaluate the effects of Si doses applied via fertigation under different water regimes, in the absence and presence of potassium fertilization, on nutrient accumulation and nutritional efficiency of beans grown under field conditions. Two experiments were carried out: with and without potassium supply. In both experiments, the treatments consisted of a 3x4 factorial, with three water regimes: 80% (no water deficit), 60% (moderate water deficit), and 40% (severe water deficit) of the soil water holding capacity, and four Si doses supplied via fertigation: 0; 4; 8; and 12 kg ha<sup>-1</sup>. The

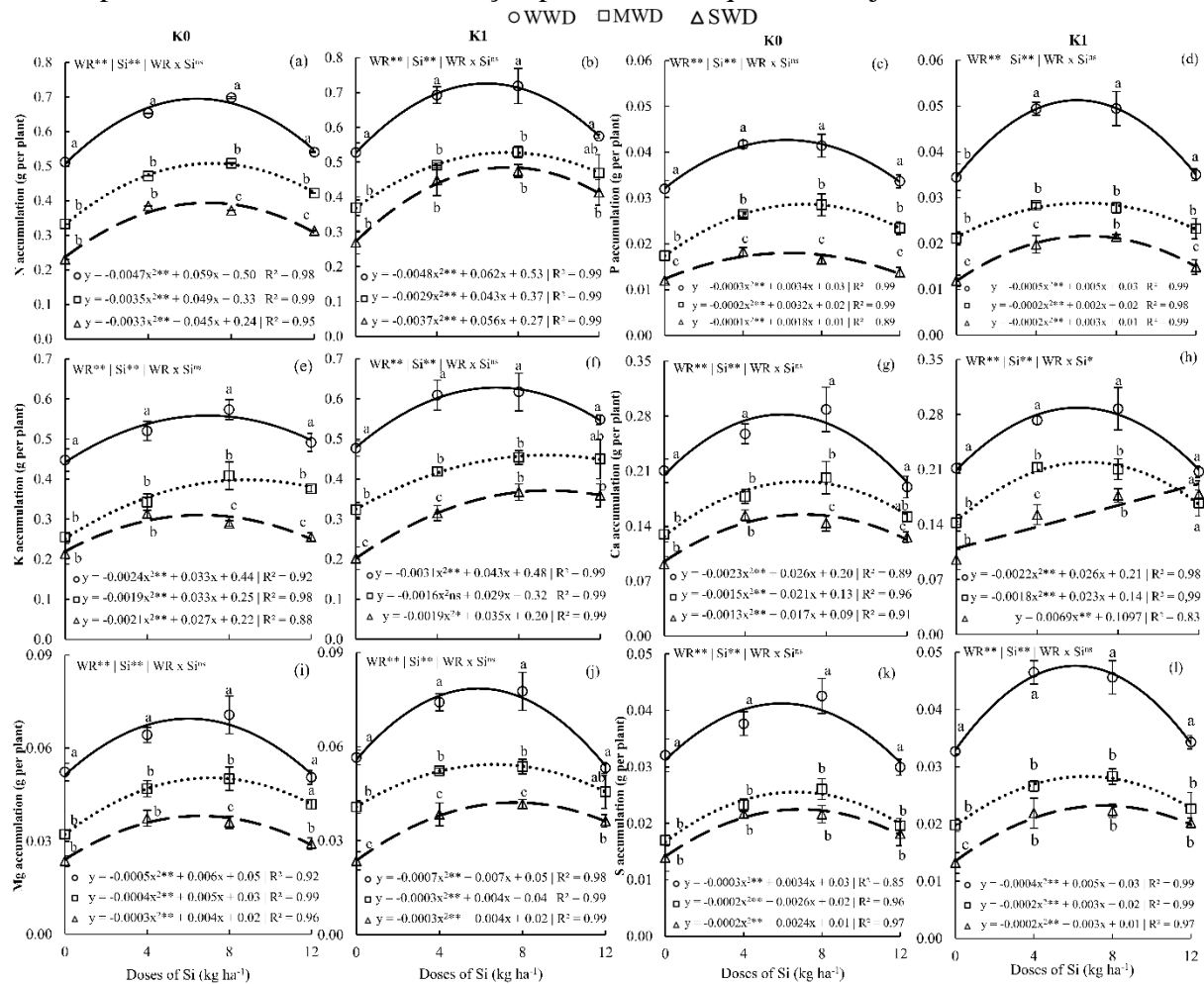
appropriate Si dose to be applied increased with the severity of water deficit, with doses of 6, 7, and 8 kg ha<sup>-1</sup> of Si recommended for adequate water conditions, moderate water deficit, and severe water deficit, respectively.

**KEYWORDS:** *Phaseolus vulgaris*, silicates, nutritional efficiency.

**INTRODUÇÃO:** Os efeitos das mudanças climáticas têm afetado as culturas, que estão sujeitas a recursos hídricos limitados, tendo período mais longo de exposição ao déficit hídrico (BESHARAT; BARÃO; CRUZ, 2020). O aumento do tempo de exposição à seca induz estresse secundário por deficiência nutricional dada a necessidade da água para absorção dos nutrientes (RIZWAN et al., 2015) e para o transporte de água e de nutrientes via xilema para a parte aérea da planta (IBRAHIM et al., 2020). O déficit hídrico pode induzir deficiência nutricional e isso agrava prejuízo biológico na planta, porque nutrientes, como potássio (K), possui função associada ao status hídrico foliar, aumentando a área foliar, a eficiência do uso de água nas plantas estressadas e diminuindo a transpiração foliar (MARTINEAU et al., 2017). Um outro elemento relevante para aumentar a eficiência do uso da água é o silício (Si) sendo utilizado como agente atenuador dos danos causados pelo déficit hídrico (VASANTHI; SALEENA; RAJ, 2014). O aumento da absorção de água estimula um mecanismo nutricional ao aumentar a absorção de nutrientes (IBRAHIM et al., 2020) e melhorar o equilíbrio iônico. Nesse contexto objetivou-se avaliar o efeito de doses de Si via fertirrigação na ausência e na presença da fertilização potássica em três regimes hídricos para aumentar a absorção de macronutriente.

**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 setembro de 2022 a janeiro de 2023. O solo da área experimental foi classificado como um Latossolo Vermelho eutrófico (ANDRIOLI; J. F. 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<sup>-1</sup>. 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 m<sup>2</sup> e área útil para as avaliações de 5,4 m<sup>2</sup>. 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<sup>-1</sup> de Si. Na lâmina de 2,5 mm essas concentrações correspondem a 0; 0,96; 1,90 e 2,85 mmol L<sup>-1</sup> 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<sup>-1</sup>, Na<sub>2</sub>O = 60,5 g L<sup>-1</sup>, 100 mL L<sup>-1</sup> 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. As amostras de tecido vegetal coletadas para determinação da massa seca parte aérea foram lavadas conforme descrito anteriormente, e em seguida as amostras de folhas foram secas em estufa de circulação forçada de ar. Os teores foliares de P, K, Ca, Mg, S, foram determinados a partir da digestão das amostras com ácido perclórico e ácido nítrico

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** Os acúmulos de N e P (Fig. 1a-d) na parte aérea das plantas de feijão foram influenciados pelos efeitos isolados dos fatores regime hídrico e doses de Si (todos com  $p < 0,01$ ) independente da adubação potássica. As doses de Si causaram efeito com ajuste polinomial quadrático para todos os regimes hídricos no cultivo sem e com adubação potássica. Os acúmulos de Ca, Mg e S na parte aérea das plantas de feijão foram influenciados pelos efeitos isolados dos fatores regime hídrico e doses de Si (todos com  $p < 0,01$ ) independente da adubação potássica (Fig. g-l), exceto para o acúmulo de Ca em plantas com adubação de K, que teve efeito da interação (WR x Si) ( $p < 0,05$ ) (Fig. 1h). As doses de Si testadas proporcionaram ajuste de regressão polinomial quadrática para os acúmulos de Ca, Mg e S nos três regimes hídricos e em ambas as condições de adubação com K, exceto para o acúmulo de Ca em plantas sob SWD e com adubação potássica, em que houve ajuste linear.



**FIGURA 1.** Fotossíntese (A) (a), condutância estomática (Gs) (b), concentração interna de CO<sub>2</sub> (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<sup>-1</sup>. 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.

A alta viabilidade da fertirrigação do Si para promover ótima absorção do Si mesmo em uma planta leguminosa comprovado neste estudo é um achado muito relevante pois aumenta expectativa deste elemento ser possível modulador de mecanismos para atenuar estresse hídrico, que é objeto deste estudo. Portanto, o efeito do Si como indutor de mecanismos

nutricionais de defesa em plantas de feijão em condições de campo, é uma novidade, pois as pesquisas atuais têm demonstrado efeitos apenas no crescimento e na produção, especialmente em plantas acumuladoras cultivadas em ambientes controlados (TEIXEIRA et al., 2022).

**CONCLUSÕES:** A aplicação de Si via fertirrigação aumento a absorção dos macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) tanto em plantas sem quanto como com estresse hídrico, demonstrando que o silício ajuda a manter um equilíbrio nutricional mesmo quando a seca dificulta a absorção.

**AGRADECIMENTOS:** A Fundação de Amparo à Pesquisa do estado de São Paulo pelo auxílio à pesquisa (Processo 2021/12531-7) e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior.

## **REFERÊNCIAS:**

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. . Acesso em: 27 abr. 2023

BESHARAT, S.; BARÃO, L.; CRUZ, C. New strategies to overcome water limitation in cultivated maize: Results from sub-surface irrigation and silicon fertilization. **Journal of Environmental Management**, v. 263, p. 110398, 1 jun. 2020.

EMBRAPA. **Comunicado Técnico BRS FC402: Cultivar de Feijão-Comum Carioca com Alta Produtividade, Resistência à Antracnose e Murcha-de-Fusário**. [s.l: s.n.]. . Acesso em: 25 out. 2022.

IBRAHIM, M. F. M. et al. Regulation of Agronomic Traits, Nutrient Uptake, Osmolytes and Antioxidants of Maize as Influenced by Exogenous Potassium Silicate under Deficit Irrigation and Semiarid Conditions. **Agronomy 2020, Vol. 10, Page 1212**, v. 10, n. 8, p. 1212, 18 ago. 2020.

MARTINEAU, E. et al. The role of potassium on maize leaf carbon exportation under drought condition. **Acta Physiologiae Plantarum**, v. 39, n. 10, p. 1–13, 1 out. 2017.

RIZWAN, M. et al. Mechanisms of silicon-mediated alleviation of drought and salt stress in plants: a review. v. 22, p. 15416–15431, 2015.

TEIXEIRA, G. C. M. et al. Silicon fertigation with appropriate source reduces water requirement of maize under water deficit. **Plant and Soil**, v. 477, n. 1, p. 83–97, 22 abr. 2022.

VASANTHI, N.; SALEENA, L. M.; RAJ, S. A. Silicon in crop production and crop protection -A review. **Agricultural Reviews**, v. 35, n. 1, p. 14, 2014.