



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

## A aplicação de silício mitiga os efeitos da salinidade nas taxas de crescimento de mudas de maracujazeiro-amarelo

José Philippe Martins Montenegro PIRES<sup>1</sup>; Fernanda Suassuna FERNANDES<sup>1</sup>; Vitória Carolina da Silva SOARES<sup>1</sup>; Samuel Barbosa ALVES<sup>1</sup>; Lays Klécia Silva LINS<sup>1</sup>; Evandro Franklin de MESQUITA<sup>1</sup>; Iwry Dantas de MEDEIROS<sup>1</sup>

I Workshop de Horticultura no semiárido & VIII Semana de Agronomia

<sup>1</sup>Universidade Estadual da Paraíba, Catolé do Rocha, Paraíba, Brasil  
philippemp97@gmail.com

**RESUMO:** A suplementação com silício é uma estratégia eficaz para mitigar os efeitos da salinidade em plantas. Neste trabalho, avaliaram-se as taxas de crescimento em mudas de maracujazeiro-amarelo sob salinidade e aplicação de silício. Os tratamentos foram: T1 - irrigação com água de condutividade elétrica (CE) de 1,2 dS m<sup>-1</sup>; T2 - irrigação com água de CE de 4,0 dS m<sup>-1</sup> (salinizada); T3 - irrigação salinizada, com aplicação de silício no solo; T4 - irrigação salinizada, com aplicação de silício foliar; e T5 - irrigação salinizada, com aplicação de silício via solo e foliar. No T3, aplicou-se solução com 0,5 g de H<sub>4</sub>SiO<sub>4</sub> L<sup>-1</sup>. No T4, solução com 0,2 g de H<sub>4</sub>SiO<sub>4</sub> L<sup>-1</sup>. No T5, aplicaram-se, via solo, solução com 0,25 g de H<sub>4</sub>SiO<sub>4</sub> L<sup>-1</sup>, e nas folhas, solução com 0,1 g de H<sub>4</sub>SiO<sub>4</sub> L<sup>-1</sup>. Utilizou-se delineamento inteiramente casualizado, com cinco repetições. Os dados foram submetidos à análise de variância e ao teste de Tukey. A salinidade reduziu as taxas de crescimento absoluto e relativo das plantas. Contudo, todas as formas de aplicação de silício reduziram os efeitos negativos dos sais, destacando-se a combinação de aplicação via solo (0,25 g de H<sub>4</sub>SiO<sub>4</sub> L<sup>-1</sup>) e foliar (0,1 g de H<sub>4</sub>SiO<sub>4</sub> L<sup>-1</sup>).

**PALAVRAS-CHAVE:** *Passiflora edulis*; estresse salino; fruticultura.

### INTRODUÇÃO

A agricultura moderna enfrenta desafios significativos devido ao uso de águas com altos níveis de salinidade na irrigação, especialmente em regiões áridas e semiáridas (PEREIRA et al., 2024). O acúmulo de sais no solo compromete a absorção de água pelas plantas, além de causar problemas por toxicidade e deficiência nutricional, resultando em crescimento reduzido e menor produtividade (SÁ et al., 2013; MESQUITA et al., 2023; NOBRE et al., 2024).

O maracujazeiro-amarelo (*Passiflora edulis*) é uma cultura de grande importância socioeconômica e nutricional, amplamente cultivada no semiárido brasileiro devido à sua alta adaptabilidade às condições climáticas da região. No entanto, apresenta limitações em ambientes com excesso de sais, possuindo uma salinidade limiar de 1,3 dS m<sup>-1</sup> (AYERS; WESCOT, 1999).

Essa problemática torna necessário o uso de agentes mitigadores para reduzir as perdas nas lavouras. Pesquisas recentes indicam que a suplementação com silício pode atenuar os efeitos da salinidade em maracujazeiro-amarelo (DINIZ et al., 2020; SÁ et al., 2021; MESQUITA et al., 2024). O silício é um elemento benéfico que, quando aplicado, pode melhorar a tolerância das plantas a estresses bióticos e abióticos, promovendo melhor crescimento e desenvolvimento (FAROUK et al., 2020; SINGH et al., 2023).

Neste contexto, realizou-se este estudo, visando avaliar as taxas de crescimento absoluto e relativo de mudas de maracujazeiro-amarelo submetidas a estresse salino e métodos de aplicação de silício. A hipótese central é que o silício, em diferentes formas de aplicação, pode mitigar os efeitos deletérios da salinidade, promovendo melhor crescimento nas plantas.

### MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, durante os meses de outubro e novembro de 2023, no Centro de Ciências Humanas e Agrárias da Universidade Estadual da Paraíba, que está localizado

no município de Catolé do Rocha/PB (6° 20' 38" S, 37° 44' 48" O, altitude de 275 m). Durante o período experimental, foram registradas, na casa de vegetação, médias de temperatura e umidade relativa do ar de 36,2 °C e 45,3%. Foi utilizada a cultivar de maracujazeiro-amarelo 'BRS Sol do Cerrado'. A sementeira foi feita em bandejas de polipropileno, com uma semente por célula. Transcorridos 15 dias após a sementeira, foi feito o transplante das mudas para sacos de polietileno, contendo 5 dm<sup>3</sup> de substrato composto por solo e esterco bovino, na proporção de 1:1.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com cinco tratamentos e cinco repetições, sendo a parcela constituída por uma planta. Os tratamentos avaliados foram os seguintes: T1 - irrigação com água de condutividade elétrica (CE) de 1,2 dS m<sup>-1</sup> (controle); T2 - irrigação com água de CE de 4,0 dS m<sup>-1</sup> (salinizada); T3 - irrigação com água salinizada, com aplicação de silício no solo; T4 - irrigação com água salinizada, com aplicação de silício via foliar; e T5 - irrigação com água salinizada, com aplicação de silício 50% via solo e 50% via foliar.

As plantas foram irrigadas diariamente, calculando-se os volumes de água com base no balanço hídrico: volume aplicado menos volume drenado na irrigação anterior, acrescido de uma fração de lixiviação de 10%, aplicada quinzenalmente. As águas salinizadas foram preparadas pela dissolução de cloreto de sódio em água de poço amazonas e tiveram as aplicações iniciadas aos 15 dias após o transplante (DAT). As soluções de silício foram preparadas por meio de adição de ácido silícico (H<sub>4</sub>SiO<sub>4</sub>) em água destilada. No T3, aplicou-se solução com 0,5 g de H<sub>4</sub>SiO<sub>4</sub> L<sup>-1</sup>. No T4, solução com 0,2 g de H<sub>4</sub>SiO<sub>4</sub> L<sup>-1</sup>. No T5, aplicaram-se, via solo, solução com 0,25 g de H<sub>4</sub>SiO<sub>4</sub> L<sup>-1</sup>, e nas folhas, solução com 0,1 g de H<sub>4</sub>SiO<sub>4</sub> L<sup>-1</sup>. As aplicações das soluções foram realizadas aos 12 e aos 27 DAT.

Foram registradas medições da altura das plantas aos 15, aos 27 e aos 40 DAT, para cálculos da taxa de crescimento absoluto (TCA) e da taxa de crescimento relativo (TCR) da altura das plantas (AP), entre 15-27 DAT e entre 27-40 DAT. Essas variáveis foram estimadas através das equações apresentadas por Benincasa (2003) e Floss (2004).

Os dados obtidos foram submetidos ao teste de Shapiro-Wilk, para verificar a normalidade na distribuição dos erros. Posteriormente, foi procedida análise de variância, pelo teste F ( $p \leq 0,05$ ) e foi aplicado o teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ) para comparação das médias entre os tratamentos. Os procedimentos estatísticos foram feitos utilizando o programa SISVAR, versão 5.8.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 contém os resumos das análises de variância das taxas de crescimento absoluto e relativo da altura das mudas de maracujazeiro-amarelo, cultivar 'BRS Sol do Cerrado', submetidas a irrigação com água salinizada e diferentes formas de aplicação de silício. Verificou-se que as características TCA AP e TCR AP, no intervalo de 15-27 DAT, e TCA AP, no intervalo de 27-40 DAT, foram significativamente afetadas pelos tratamentos com um nível de significância de 1%. A TCR AP, no intervalo de 27-40 DAT, por sua vez, não foi afetada de maneira significativa pelos tratamentos aplicados.

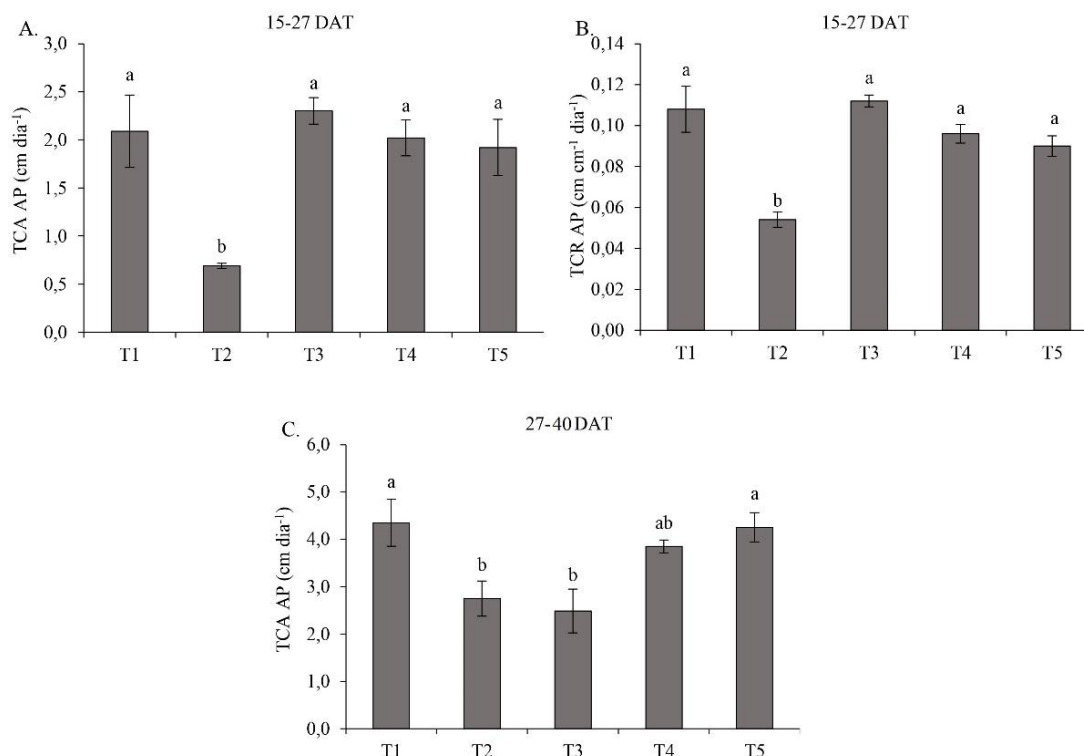
**Tabela 1.** Resumo das análises de variância das taxas de crescimento absoluto (TCA) e relativo (TCR) em altura de planta (AP), entre 15-27 e 27-40 dias após o transplante (DAT), registradas em mudas de maracujazeiro-amarelo submetidas a tratamentos de estresse salino e aplicação de silício.

FV	GL	TCA AP	TCR AP	TCA AP	TCR AP
		-----15-27 DAT-----		-----27-40 DAT-----	
Tratamentos	4	2,04**	0,00265**	3,73**	0,00076 <sup>ns</sup>
Resíduo	20	0,28	0,00020	0,71	0,00048
CV (%)		29,42	15,37	23,86	29,87

\*\* , <sup>ns</sup> - significativo a  $p \leq 0,01$  e não significativo, respectivamente, pelo Teste F; FV - fonte de variação; GL - número de graus de liberdade; CV - coeficiente de variação.

Houve reduções nas taxas de crescimento absoluto nos dois períodos analisados (Figuras 1A e C) e na taxa de crescimento relativo apenas no período de 15-27 DAT (Figura 1B), nas mudas de maracujazeiro submetidas ao estresse salino. Esses decréscimos foram de 67% (TCA AP, 15-27 DAT), 50% (TCR AP, 15-27 DAT) e 37% (TCA, 27-40 DAT) no tratamento T2, em comparação com o tratamento controle (T1). Resultados semelhantes foram observados por Nobre et al. (2024), que submeterem o maracujazeiro

amarelo, cultivar 'BRS Gigante Amarelo' a níveis de condutividade elétrica da água de irrigação variando entre 0,5 e 3,2 dS m<sup>-1</sup>, e verificaram que, a partir de 1,7 dS m<sup>-1</sup>, houve reduções na taxa de crescimento relativo da altura de planta. De acordo com esses autores, o aumento da pressão osmótica do solo devido à salinidade criou uma condição em que as plantas não conseguiram superar o potencial osmótico do solo, o que levou à redução na divisão e no alongamento celular, resultando em redução das taxas de crescimento.



T1 - plantas irrigadas com água de condutividade elétrica (CE) = 1,2 dS m<sup>-1</sup>; T2 - plantas irrigadas com água de CE = 4,0 dS m<sup>-1</sup> (salinizada); T3 - plantas irrigadas com água salinizada + aplicação de Si via solo; T4 - plantas irrigadas com água salinizada + aplicação de Si via foliar; T5 - plantas irrigadas com água salinizada + aplicação de Si via solo e foliar. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

**Figura 1.** Taxas de crescimento absoluto (TCA) e relativo (TCR) da altura de plantas (AP), entre 15-27 e 27-40 dias após o transplante (DAT), registradas em mudas de maracujazeiro-amarelo submetidas a tratamentos de estresse salino e aplicação de silício.

Verificou-se que o silício atenuou os efeitos nocivos da salinidade nas taxas de crescimento do maracujazeiro, com maior destaque para a combinação entre as duas formas de aplicação do elemento (via solo e foliar). Para a taxa de crescimento absoluto da altura da planta no período de 15-27 DAT, os incrementos registrados com os três diferentes métodos de aplicação de Si (T3, T4 e T5) foram de 233%, 193% e 178%, respectivamente, em comparação com o tratamento T2 (Figura 1A). Para a taxa de crescimento relativo no mesmo período, os acréscimos foram de 107%, 78% e 67% em T3, T4 e T5, respectivamente, baseando-se em T2 (Figura 1B). No período de 27-40 DAT (Figura 1C), a taxa de crescimento absoluto das plantas sob estresse salino foi mitigada apenas quando as plantas receberam aplicação de silício via solo + foliar (T5). Este tratamento proporcionou um aumento de 55% na referida variável, em relação ao tratamento T2. Estes resultados demonstram a eficácia do silício na promoção do crescimento das plantas de maracujazeiro sob condições de salinidade. A TCR entre 27-40 dias não foi afetada de maneira significativa pelos tratamentos, mas apresentou média geral de 0,08 cm cm<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>.

As principais consequências deletérias do estresse salino nas plantas estão relacionadas a três fatores principais: o efeito osmótico, que causa dificuldade de absorção de água pelas plantas; o efeito tóxico de íons específicos, como sódio (Na<sup>+</sup>) e cloreto (Cl<sup>-</sup>), que podem danificar os cloroplastos e reduzir a eficiência da fotossíntese; e os efeitos nutricionais, onde o excesso de sais interfere na absorção de nutrientes essenciais, como potássio (K<sup>+</sup>), cálcio (Ca<sup>2+</sup>), magnésio (Mg<sup>2+</sup>), entre outros (SÁ et al., 2013; SÁ et al., 2021; MESQUITA et al., 2023; NOBRE et al., 2024). Esses fatores combinados causam desequilíbrios metabólicos, levando a prejuízos significativos no crescimento das plantas. No entanto, o silício tem se

destacado na mitigação do estresse salino, através da inibição da absorção excessiva de Na<sup>+</sup> e Cl<sup>-</sup>, do fortalecimento das paredes celulares e melhorando sua capacidade osmótica e antioxidativa (FAROUK et al., 2020; SÁ et al., 2021; SINGH et al., 2023).

## CONCLUSÕES

A água de irrigação com condutividade elétrica de 4,0 dS m<sup>-1</sup> causou reduções em todas as taxas de crescimento avaliadas nas mudas de maracujazeiro-amarelo, cultivar 'BRS Sol do Cerrado'.

A aplicação de silício, tanto via solo quanto via foliar, e a combinação dessas duas formas, aliviou os efeitos nocivos dos sais nas plantas. Os maiores benefícios, porém, ocorreram com a aplicação combinada de silício via solo (0,25 g de H<sub>4</sub>SiO<sub>4</sub> L<sup>-1</sup> de água) + foliar (0,1 g de H<sub>4</sub>SiO<sub>4</sub> L<sup>-1</sup> de água).

## REFERÊNCIAS

- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. A qualidade da água na agricultura. 2.ed. Campina Grande: UFPB, 1999. 153p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 29).
- BENINCASA, M. M. P. Análise de crescimento de plantas. Jaboticabal: FUNEP, 2003. 41p.
- DINIZ, G. L.; NOBRE, R. G.; LIMA, G. S.; SOUZA, L. P.; SOARES, L. A. A.; GHEYI, H. R. Phytomass and quality of yellow passion fruit seedlings under salt stress and silicon fertilization. *Comunicata Scientiae*, v.11, e3400, 2020.
- FAROUK, S.; ELHINDI, K. M.; ALOTAIBI, M. A. Silicon supplementation mitigates salinity stress on *Ocimum basilicum* L. via improving water balance, ion homeostasis, and antioxidant defense system. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, v.206, p.111396, 2020.
- FLOSS, E. L. Fisiologia das plantas cultivadas. Passo Fundo: UPF, 2004. 528p.
- MESQUITA, E. F.; MESQUITA, F. O.; SOUSA, C. S.; DINIZ, J. P. C.; QUEIROZ, L. L. G.; SOARES, V. C. S.; TARGINO, F. N.; JALES, D. V. D.; BRITO NETO, J. F.; ROCHA, J. L. A.; SOUTO, A. G. L. Silício e adubação orgânica sobre os atributos físico-químicos de frutos de maracujá-amarelo no semiárido Brasil. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v.17, n.1, p.100-116, 2024.
- MESQUITA, F. O.; BATISTA, R. O.; ALVES, J. M.; SOUTO, A. G. L.; PEDROSA, T. D.; MESQUITA, E. F. Uso de biofertilizantes y aguas salinas en la formación de plántulas de frutas de pasión amarilla. *Revista em Agronegócio e Meio Ambiente*, v.16, n.2, p.e8768, 2023.
- NOBRE, R. G.; ARAÚJO, J. B.; CARVALHO, K. M. P.; BEZERRA, I. L.; SILVA, L. A.; SOUZA, M. S. M.; RODRIGUES FILHO, R. A. Quality of yellow passion fruit seedlings under saline water irrigation and salicylic acid concentrations. *Revista Caatinga*, v.37, e11879, 2024.
- PEREIRA, M. B.; NÓBREGA, J. S.; FÁTIMA, R. T.; LOPES, M. F. Q.; FERREIRA, J. T. A.; RIBEIRO, J. E. S.; FIGUEIREDO, F. R. A.; PEREIRA, W. E.; LIMA, G. S.; SOARES, L. A. A. Effect of saline stress, and nitrogen and potassium fertilization on morphophysiology of *Passiflora edulis* Sims. f. *flavicarpa* Dreg. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v.19, n.2, e3696, 2024.
- SÁ, F. V. S.; BRITO, M. E. B.; MELO, A. S.; ANTÔNIO NETO, P.; FERNANDES, P. D.; FERREIRA, I. B. Produção de mudas de mamoeiro irrigadas com água salina. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.17, n.10, p.1047-1054, 2013.
- SÁ, J. R.; TOLEDO, F. H. S. F.; MARIÑO, Y. A.; SOARES, C. R. F. S.; FERREIRA, E. V. O. Growth and nutrition of *Passiflora edulis* submitted to saline stress after silicon application. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.43, n.1, e-057, 2021.
- SINGH, P.; KUMAR, V.; SHARMA, A. Interaction of silicon with cell wall components in plants: a review. *Journal of Applied and Natural Science*, v.15, n.2, p.480-497, 2023.