

## SILÍCIO E POTÁSSIO NA PRESERVAÇÃO DOS PIGMENTOS FOTOSSINTÉTICOS EM MUDAS DE MARACUJAZEIRO-AMARELO SOB ESTRESSE SALINO

Alicia Camila Zeferino da Silva<sup>1</sup>, Evandro Franklin de Mesquita<sup>2</sup>, Samuel Barbosa Alves<sup>3</sup>,  
Franklin Suassuna de Sousa<sup>3</sup>, Samuel Saldanha Rodrigues<sup>3</sup>, Rennan Fernandes Pereira<sup>4</sup>.

**RESUMO:** O maracujazeiro-amarelo é sensível à salinidade durante todo o ciclo, desde a produção de mudas até a fase produtiva, o que compromete crescimento, desenvolvimento e produtividade. A adubação com silício e potássio pode amenizar esses efeitos, aumentando a tolerância ao estresse abiótico. Este estudo avaliou a interação entre doses de ácido silícico e sulfato de potássio na mitigação dos efeitos salinos sobre pigmentos fotossintéticos em mudas de maracujazeiro-amarelo. O experimento foi conduzido em casa de vegetação no CCHA/Universidade Estadual da Paraíba, em Catolé do Rocha–PB, em delineamento inteiramente casualizado, esquema fatorial  $4 \times 2 + 2$ , com cinco repetições e 50 unidades experimentais. Foram aplicadas quatro doses de silício (1,26; 2,52; 3,78 e 5,04 g dm<sup>3</sup>) combinadas a duas doses de potássio (150 e 600 mg dm<sup>3</sup>), na fundação e aos 15, 30 e 45 dias após o transplântio. Tratamentos e testemunha 1 receberam irrigação com água salina (4,0 dS m<sup>-1</sup>), e a testemunha 2 com água de baixa salinidade (0,5 dS m<sup>-1</sup>). A análise dos dados, por ANOVA, regressão polinomial e teste de Dunnett ( $p < 0,05$ ), indicou que a interação silício–potássio preservou pigmentos e melhorou o desempenho das mudas sob estresse salino.

**PALAVRAS-CHAVE:** Mitigador, Ácido Sílico, Sulfato de potássio.

<sup>1</sup> Mestre em Ciências Agrárias, PPGCA, Universidade Estadual da Paraíba, UEPB, Campina Grande, PB. Fone: (84) 99224-8306. Email: aliciazefer@gmail.com

<sup>2</sup> Prof. Doutor na Universidade Estadual da Paraíba, UEPB, Catolé do Rocha, PB

<sup>3</sup> Graduando em Agronomia, Universidade Estadual da Paraíba, UEPB, Catolé do Rocha, PB

<sup>4</sup> Pós-doutorando no programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias, UEPB, Campina Grande, PB

## INTERACTION OF SILICON AND POTASSIUM IN THE PRESERVATION OF PHOTOSYNTHETIC PIGMENTS IN YELLOW PASSION FRUIT SEEDLINGS UNDER SALT STRESS

**ABSTRACT:** The yellow passion fruit is sensitive to salinity throughout the cycle, from seedling production to the production phase, which compromises growth, development and productivity. Fertilization with silicon and potassium can mitigate these effects, increasing tolerance to abiotic stress. This study evaluated the interaction between silicic acid and potassium sulfate doses in mitigating the saline effects on photosynthetic pigments in yellow passion fruit seedlings. The experiment was carried out in a greenhouse at CCHA/State University of Paraíba, in Catolé do Rocha, PB, in a completely randomized design, with a  $4 \times 2 + 2$  factorial scheme, with five replications and 50 experimental units. Four doses of silicon (1.26, 2.52, 3.78 and 5.04 g dm<sup>3</sup>) combined with two doses of potassium (150 and 600 mg dm<sup>3</sup>) were applied at foundation and at 15, 30 and 45 days after transplanting. Treatments and control 1 received irrigation with saline water (4.0 dS m<sup>-1</sup>), and control 2 with low salinity water (0.5 dS m<sup>-1</sup>). Data analysis by ANOVA, polynomial regression and Dunnett's test ( $p < 0.05$ ) indicated that the silicon-potassium interaction preserved pigments and improved the performance of seedlings under salt stress.

**KEYWORDS:** Mitigator, Silic Acid, Potassium Sulfate.

### INTRODUÇÃO

O maracujazeiro-amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg.), também conhecido como maracujazeiro-azedo, é a espécie de *Passiflora* mais cultivada no Brasil, destacando-se pelo alto potencial produtivo e pela qualidade dos frutos, favorecida pelas condições pedoclimáticas do país (NUNES, 2018). No entanto, seu desenvolvimento inicial é sensível à salinidade do solo, que compromete a absorção de água, provoca estresse fisiológico e representa um dos principais fatores limitantes à produção agrícola (NASCIMENTO et al., 2017). Pigmentos como clorofilas e carotenoides, presentes nas células fotossintéticas, são vulneráveis à degradação sob estresse salino, o qual compromete a homeostase iônica, induz estresse osmótico e eleva a produção de espécies reativas de oxigênio (ROS) (IFTIKHAR et al., 2024).

O silício (Si) tem se destacado na mitigação de estresses abióticos por fortalecer as membranas celulares, aumentar a resistência ao sal e otimizar a fotossíntese, além de promover

alterações anatômicas benéficas no maracujazeiro (DATNOFF et al., 2001). O potássio ( $K^+$ ), por sua vez, é um elemento essencial ao metabolismo vegetal, que em doses adequadas, contribui para o crescimento, a fotossíntese e a tolerância a diversos estresses (AHMAD & SHARMA, 2008). A associação entre silício e potássio tem mostrado eficiência na redução da absorção de sódio ( $Na^+$ ) e no aumento do acúmulo de Si e  $K^+$  nos tecidos vegetais, favorecendo o desempenho agrônômico (ORAEI & TEHRANIFAR, 2023).

Nesse contexto, a aplicação de silicato de potássio ( $K_2SiO_3$ ) surgiu como alternativa promissora para aumentar a resistência ao estresse salino e preservar a qualidade das mudas. Assim, este trabalho tem como objetivo avaliar a interação das doses de ácido silícico e sulfato de potássio na mitigação dos efeitos deletérios da salinidade nos pigmentos fotossintéticos, clorofilas e carotenoides, em mudas de maracujazeiro-amarelo.

## MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida entre junho e setembro de 2024, em casa de vegetação no Setor de Agroecologia da UEPB, Campus IV, em Catolé do Rocha–PB. Utilizou-se NEOSSOLO FLÚVICO Eutrófico (SANTOS et al, 2018) misturado em partes iguais com esterco bovino. O maracujazeiro-amarelo BRS Gigante Amarelo (BRS F1), proveniente de sementes certificadas, foi semeado em bandejas com o mesmo substrato e transplantado para sacos de 3 L ao apresentar um par de folhas definitivas.

O delineamento foi inteiramente casualizado (DIC), em esquema fatorial  $4 \times 2 + 2$ , com cinco repetições e 50 unidades experimentais. As doses de ácido silícico foram 1,26; 2,52; 3,78 e 5,04 g  $dm^3$ , associadas a 150 e 600 mg  $dm^3$  de sulfato de potássio (1,04 e 4,15 g/planta). As aplicações foram realizadas via fertirrigação na fundação e aos 15, 30 e 45 dias após o transplante, divididas em quatro parcelas ( $1/4$ ). Houve calibração do enxofre para uniformizar a dose entre os tratamentos, considerando o teor de 52% de  $K_2O$  e 18% de S no fertilizante. Os teores de clorofila a, b, total e carotenoides foram determinados a partir da quarta folha sadia, conforme Lichtenthaler (1987), com extração em acetona 80% e leitura em espectrofotômetro nos comprimentos de onda de 470, 646 e 663 nm.

A normalidade dos resíduos foi testada pelo método de Shapiro–Wilk, e a homogeneidade das variâncias, pelo teste de Bartlett. Em seguida, procedeu-se à análise de variância (ANOVA) pelo teste F, adotando-se um nível de significância de 5% ( $p < 0,05$ ). Quando verificada significância para o fator silício e/ou para a interação, ajustaram-se modelos de regressão

polinomial de primeiro e/ou segundo grau, conforme indicado pelo teste F. As comparações das médias dos tratamentos com as testemunhas 1 e 2 foram realizadas pelo teste de Dunnett ( $p < 0,05$ ) (Azevedo, 2022). As análises foram executadas no software R, e os gráficos foram elaborados no SigmaPlot 15.0, voltado à análise e apresentação de dados científicos.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme observado na tabela 1, síntese da análise de variância (Quadrado médio), houve efeito significativo pelo teste F à 5% e 1% de probabilidade nos fatores isolados de silício e potássio, que influenciaram na clorofila *a*, clorofila *b* e clorofila total, indicando que os fatores atuaram isoladamente na proteção dos pigmentos em folhas de maracujazeiro-amarelo. Já na interação silício  $\times$  potássio, houve efeito de F ( $p \leq 0,05$ ) nos teores de carotenoides das folhas, indicando, assim, dependência dos fatores. Assim, sendo significativo a 1% no valor obtido das testemunhas para a clorofila *a*, clorofila *b* e clorofila total. E efeito significativo da testemunha vs comuns pelo teste F ( $p \leq 0,01$ ) para a clorofila *b* e carotenoides.

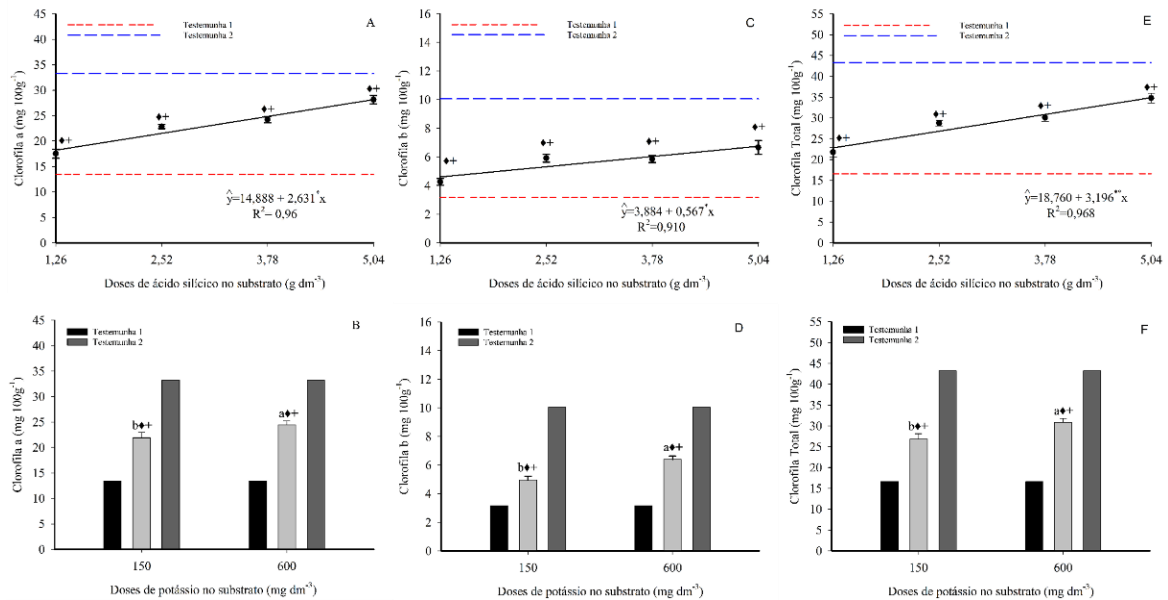
**Tabela 1** - Síntese da análise de variância (Quadrado médio) para a clorofila *a*, clorofila *b*, clorofila total e carotenoides em folhas de maracujazeiro-amarelo adubadas com silício e potássio.

Fonte de Variação	GL	Quadrado médio			
		Clorofila <i>a</i>	Clorofila <i>b</i>	Clorofila total	Carotenoides
Silício	3	191,63**	10,26**	288,20**	12,71**
Potássio	1	64,31*	20,66**	157,77*	3,12*
Interação	3	4,88 <sup>ns</sup>	0,41 <sup>ns</sup>	3,97 <sup>ns</sup>	2,10*
Testemunha	1	980,89**	118,75**	1780,36**	2,61 <sup>ns</sup>
Testemunhas Comuns	1	0,19 <sup>ns</sup>	7,08**	9,55 <sup>ns</sup>	85,15**
Resíduo	40	4,10	0,54	6,85	0,73
CV		8,72	15,57	9,01	14,44

ns : não significativo ( $p < 0,05$ ); \* : significativo a 5% de probabilidade ( $p < 0,05$ ); \*\* : significativo a 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ ); CV: Coeficiente de variação.

As clorofilas, principais pigmentos das plantas, localizam-se nos cloroplastos e são suscetíveis à degradação por estresses como a salinidade, que afeta a homeostase iônica, causa estresse osmótico e aumenta a produção de ROS (IFTIKHAR et al., 2024). Na Figura 1 (A/C/E), é possível observar que os teores de clorofila *a*, *b* e total foram significativamente influenciados pelas doses de ácido silícico, com ajuste a modelo polinomial de 1º grau crescente. Os valores máximos estimados foram 28,15; 6,74 e 34,87 mg 100g<sup>-1</sup> na dose de 5,04 g dm<sup>3</sup>, com mínimos de 18,20; 4,59 e 22,79 mg 100g<sup>-1</sup> na menor dose (1,26 g dm<sup>3</sup>), representando aumentos de

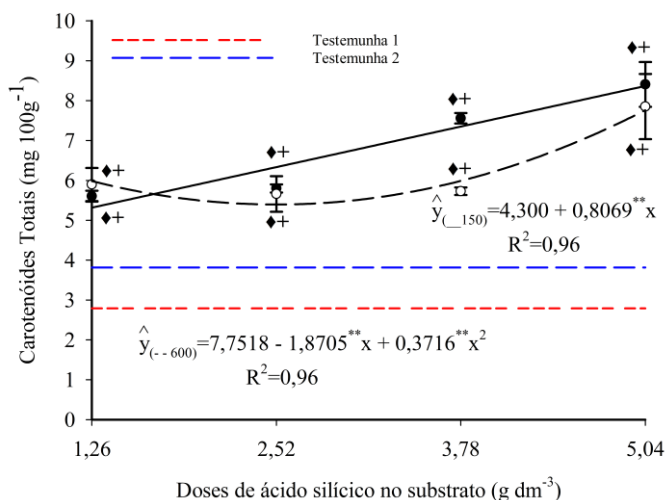
54,67%, 46,84% e 53%, respectivamente. Os tratamentos com silício apresentaram teores superiores à testemunha 1 (água salina sem adubação) e inferiores à testemunha 2 (água de baixa salinidade sem adubação), com diferenças significativas pelo teste de Dunnett ( $p < 0,05$ ). Os resultados corroboram Liu et al. (2019), que destacam o papel do silício na preservação da clorofila por meio da ativação do sistema antioxidante e proteção contra ROS.



**Figura 1.** Clorofila a, b e total em função de doses de ácido silícico (A/C/E) e de sulfato de potássio (B/D/F) aplicadas.

\*\* significativos a 1% de probabilidade pelo teste F; ♦ e + se diferem do tratamento testemunha 1 e da testemunha 2, respectivamente, pelo teste Dunnett ( $p < 0,05$ ).

Nos tratamentos com 150 e 600 mg dm<sup>-3</sup> de potássio sob irrigação com água salina (CE = 4,0 dS m<sup>-1</sup>), os teores de clorofila foram de 21,91 e 24,33 mg 100g<sup>-1</sup>, superiores à testemunha 1 (13,42 mg 100g<sup>-1</sup>) e inferiores à testemunha 2 (33,23 mg 100g<sup>-1</sup>). Para a clorofila b, os valores foram de 4,95 e 6,39 mg 100g<sup>-1</sup>, também acima da testemunha 1 (3,17 mg 100g<sup>-1</sup>) e abaixo da testemunha 2 (10,06 mg 100g<sup>-1</sup>). O mesmo padrão foi observado para a clorofila total, com diferenças significativas em relação a ambas as testemunhas (teste de Dunnett,  $p < 0,05$ ). Segundo Çiçek et al. (2018), a salinidade reduz os teores de clorofilas, comprometendo a captação e o transporte de energia. Assim, os resultados demonstram que o potássio contribuiu para mitigar os efeitos do estresse salino, favorecendo a manutenção dos pigmentos fotossintéticos.



**Figura 2.** Carotenoides das folhas em função de doses de ácido silícico e de sulfato de potássio aplicadas.

\*\* significativos a 1% de probabilidade pelo teste F; ♦ e + se diferem do tratamento testemunha 1 e da testemunha 2, respectivamente, pelo teste Dunnett ( $p < 0,05$ ).

Os carotenoides são pigmentos acessórios que participam da fotossíntese ao captar e transferir energia luminosa, além de proteger as clorofilas contra a fotooxidação. Sua redução está associada à degradação das clorofilas (LIMA et al., 2004), enquanto o aumento de sua concentração favorece maiores teores de clorofila nas folhas. Nos tratamentos com ácido silícico e 150 ou 600 mg dm<sup>-3</sup> de potássio, os teores de carotenoides ajustaram-se a modelos polinomiais de 1º e 2º grau, com máximos de 8,37 e 7,76 mg 100g<sup>-1</sup> na dose de 5,04 g dm<sup>3</sup> de silício, e mínimos de 5,32 e 5,39 mg 100g<sup>-1</sup> nas doses 1,26 e 2,52 g dm<sup>-3</sup>. Isso representou aumentos de 57,33% e 43,97%, superando significativamente as testemunhas 1 e 2 (2,79 e 3,81 mg 100g<sup>-1</sup>), conforme o teste de Dunnett ( $p < 0,05$ ). Os resultados indicam que a adubação com silício e potássio contribuiu para a mitigação do estresse salino, reduzindo o teor de sódio no solo, e, conseqüentemente, a absorção de sais pelas plantas.

## CONCLUSÕES

A aplicação de silício e potássio via solo aumentou a produção de clorofilas e carotenoides em mudas de maracujazeiro-amarelo, atenuando os efeitos da salinidade. A dose de 5,04 g dm<sup>-3</sup> de ácido silícico combinada com 600 mg dm<sup>-3</sup> de potássio apresentou o melhor desempenho, mostrando-se uma estratégia viável para o manejo no semiárido brasileiro.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AHMAD, P.; SHARMA, S. Salt stress and phytohormone signaling in plants. **Plant Signaling & Behavior**, v. 38, p. 563–568, 2008.
- AZEVEDO, A. Tratamentos.ad: **Pacote Para Analise De Experimentos Com Testemunhas Adicionais**. R package version 0.2.4, <<https://CRAN.R-project.org/package=Tratamentos.ad>>. 2022.
- ÇIÇEK, N.; OUKARROUM, A.; STRASSER, R. J.; SCHANSKER, G. Salt stress effects on the photosynthetic electron transport chain in two chickpea lines differing in their salt stress tolerance. **Photosynthesis Research**, v. 136, n. 1, p. 291-301, 2018.
- DATNOFF, L. E.; SNYDER, G. H.; KORNDÖRFER, G. H. Silicon in Agriculture. **Studies in Plant Science**, v. 8, 2001. 279 p.
- EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5. ed. Brasília, DF: Embrapa Solos, 2018. 356 p.
- IFTIKHAR, N.; PERVEEN, S.; ALI, B.; SALEEM, M. H.; ALSADOON, M. K. Physiological and Biochemical Responses of Maize (*Zea mays* L.) Cultivars Under Salinity Stress. **Turkish Journal of Agriculture and Forestry**, v. 48, n. 3, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.55730/1300-011X.3185>. Acesso em: 15 maio 2025.
- LICHTENTHALER, H. K. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. In: *Methods in Enzymology*. **Academic Press**, 1987. p. 350-382.
- LIMA, M. G. S.; LOPES, N. F.; BACARIN, M. A.; MENDES, C. R. Effect of salt stress on pigments and proline concentrations in leaves of rice. *SciELO – Scientific Electronic Library Online*, 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0006-87052004000300003>.
- LIU, B.; SOUNDARARAJAN, Z.; MANIVANNAN, A. Mechanisms of silicon-mediated amelioration of salt stress in plants. **Plants**, v. 8, n. 9, p. 307, 2019.
- NASCIMENTO, E. S.; CAVALCANTE, L. F.; GONDIM, S. C.; SOUZA, J. T. A.; BEZERRA, F. T. C.; BEZERRA, M. A. F. Formação de mudas de maracujazeiro amarelo irrigadas com águas salinas e biofertilizantes de esterco bovino. **Revista Agropecuária Técnica**, Areia-PB, v. 38, n. 1, p. 1-8, 2017.

NUNES, R. T. C. **Adubação nitrogenada no crescimento e na qualidade de frutos de maracujazeiro amarelo**. 2020. 138 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista – BA, 2018.

ORAEE, A.; TEHRANIFAR, A. **Relationship between silicon through potassium silicate and salinity tolerance in *Bellis perennis* L.** Silicon, v. 15, n. 1, p. 93-107, 2023.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAUJO FILHO, J. C.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. (5a ed.). Rio de Janeiro: Embrapa Solos. 2018.