

INFLUÊNCIA DO SILÍCIO E DO POTÁSSIO NO CRESCIMENTO INICIAL DE MUDAS DE MARACUJAZEIRO-AMARELO SOB ESTRESSE SALINO

Samuel Barbosa Alves¹, Evandro Franklin de Mesquita², Alicia Camila Zeferino da Silva³,
Rennan Fernandes Pereira⁴, Samuel Saldanha Rodrigues¹, Iwry Dantas de Medeiros¹

RESUMO: A salinidade limita o desenvolvimento do maracujazeiro, comprometendo seu crescimento, principalmente na fase de formação de mudas. No presente trabalho, objetivou-se avaliar o crescimento em mudas de maracujazeiro gigante amarelo sob estresse salino e aplicação de ácido silícico e sulfato de potássio. O experimento foi desenvolvido de junho a setembro no ano de 2024 em casa de vegetação localizado na UEPB em Catolé do Rocha, o delineamento adotado foi inteiramente casualizado com cinco repetições, esquema fatorial 4x2+2 e com o total de 50 unidades experimentais. As doses de silício foi de 1,26; 2,52; 3,78 e 5,04 g dm³, e as de potássio, 150 e 600 mg dm³. As plantas dos tratamentos e a testemunha 1 foram irrigadas com água salina (CE = 4,0 dS m⁻¹), e a testemunha 2 com água de baixa salinidade (0,5 dS m⁻¹), ambas sem adubação. As variáveis de crescimento avaliadas foram; altura de planta (AP), diâmetro do caule (DC) e área foliar (AF). As maiores doses de silício e potássio foi a mais eficaz para maximizar a altura da planta, diâmetro caulinar e área foliar. Isso comprova a importância da utilização do silicato de potássio como estratégia à atenuação do estresse salino no desenvolvimento de planta de maracujazeiro.

PALAVRAS-CHAVE: Salinidade, ácido silícico, sulfato de potássio.

INFLUENCE OF SILICON AND POTASSIUM ON THE INITIAL GROWTH OF YELLOW PASSION FRUIT SEEDLINGS UNDER SALINE STRESS

ABSTRACT: Salinity limits passion fruit development, compromising its growth, especially during the seedling formation phase. This study aimed to evaluate the growth of giant yellow

¹ Graduando em Agronomia pela Universidade Estadual da Paraíba, UEPB, Catolé do Rocha, PB, 58884-000, e-mail: ssambarbosa@gmail.com

² Prof. Doutor na Universidade Estadual da Paraíba, UEPB, Catolé do Rocha, PB

³ Mestre, Programa de Pós-graduação em Ciências Agrárias, PPGCA, UEPB, Campina Grande, PB

⁴ Pós-doutorando no programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias (PPGCA), UEPB

passion fruit seedlings under saline stress and application of silicic acid and potassium sulfate. The experiment was carried out from June to September 2024 in a greenhouse located at UEPB in Catolé do Rocha. The adopted design was completely randomized with five replicates, a 4x2+2 factorial scheme, and a total of 50 experimental units. The silicon doses were 1.26; 2.52; 3.78 and 5.04 g dm³, and the potassium doses were 150 and 600 mg dm³. The plants in the treatments and control 1 were irrigated with saline water (EC = 4.0 dS m⁻¹), and control 2 with low-salinity water (0.5 dS m⁻¹), both without fertilization. The growth variables evaluated were plant height (AP), stem diameter (DC), and leaf area (AF). The highest doses of silicon and potassium were the most effective in maximizing plant height, stem diameter, and leaf area. This demonstrates the importance of using potassium silicate as a strategy to mitigate salt stress in passion fruit plant development.

KEYWORDS: Salinity, silicic acid, potassium sulfate.

INTRODUÇÃO

O maracujazeiro-amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg.) tem se destacado no semiárido nordestino por apresentar elevada capacidade de adaptação às condições edafoclimáticas dessa região, constituindo-se em uma importante cultura de valor econômico e social, especialmente para pequenos e médios produtores rurais (SILVA et al., 2014). Além de seu potencial para o mercado interno e externo, a cultura possui relevante demanda industrial, sendo utilizada na produção de sucos, polpas, doces e outros derivados. Entretanto, apesar dessa adaptabilidade, o crescimento e a produtividade do maracujazeiro podem ser severamente comprometidos quando a irrigação é realizada com água de alta salinidade, situação recorrente no semiárido devido à escassez hídrica e à exploração de fontes subterrâneas, frequentemente ricas em sais dissolvidos.

A salinidade constitui um dos principais fatores limitantes à produção agrícola em ambientes áridos e semiáridos, pois o excesso de sais no solo ou na água interfere no equilíbrio osmótico das plantas, dificultando a absorção de água e nutrientes essenciais e promovendo toxicidade iônica, especialmente por Na⁺ e Cl⁻ (TAIZ et al., 2017). Esses efeitos resultam em alterações fisiológicas, redução da taxa fotossintética, inibição do crescimento e, conseqüentemente, queda de produtividade. Assim, torna-se imprescindível o desenvolvimento de estratégias capazes de minimizar os impactos negativos da salinidade, principalmente na fase de formação de mudas, etapa crítica para o estabelecimento da cultura no campo.

Entre as alternativas promissoras, destaca-se o uso do silício, elemento benéfico que tem demonstrado eficácia na atenuação dos danos causados pelo estresse salino. O silício atua por meio de diferentes mecanismos fisiológicos e bioquímicos, como a redução da absorção e translocação de íons tóxicos (Na^+ e Cl^-), o incremento da atividade de enzimas antioxidantes, a melhoria do balanço osmótico e a manutenção da integridade estrutural das membranas celulares (GONG et al., 2005; MA, 2004).

Além do silício, o potássio (K^+) é outro nutriente de relevância estratégica na mitigação dos efeitos da salinidade. Reconhecido como um dos macronutrientes mais importantes para o metabolismo vegetal, o potássio participa diretamente da regulação osmótica, ativação enzimática, síntese de proteínas, transporte de assimilados e manutenção do potencial hídrico celular (MARSCHNER, 2012). Sua presença adequada contribui para a redução do acúmulo de sódio nas folhas, favorecendo o balanço iônico e a tolerância ao estresse salino.

Nesse contexto, a utilização de fontes como o silicato de potássio (K_2SiO_3) representa uma estratégia potencialmente eficaz, por fornecer simultaneamente silício e potássio, unindo os efeitos benéficos de ambos na promoção do crescimento e na mitigação de danos causados pela salinidade. Assim, este estudo teve como objetivo avaliar o crescimento inicial de mudas de maracujazeiro-amarelo sob condições de estresse salino, mediante a aplicação de ácido silícico e sulfato de potássio, buscando identificar combinações que possam otimizar o desenvolvimento e aumentar a resiliência da cultura frente às adversidades edafoclimáticas típicas do semiárido.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido entre os meses de junho e setembro de 2024, em casa de vegetação localizada no setor de Agroecologia do Centro de Ciências Humanas e Agrárias da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), no município de Catolé do Rocha – PB. Essa cidade situa-se no alto sertão paraibano, inserida na região semiárida do estado. Segundo a classificação climática de Köppen, adaptada por Alvares et al. (2013), o clima local é do tipo BSh — semiárido quente, apresentando temperatura média anual de aproximadamente 28 °C (KÖPPEN, 1928).

O substrato utilizado foi composto por Neossolo Flúvico Eutrófico (EMBRAPA, 2018), coletado no setor de fruticultura do Campus IV da UEPB, na profundidade de 0 a 20, peneirado

e misturado, em partes iguais com esterco bovino curtido, sendo empregado no preenchimento dos recipientes.

Tabela 1 - Caracterização da fertilidade e propriedades físicas do solo utilizado na produção das mudas de maracujazeiro-amarelo

Fertilidade		Propriedades físicas	
pH	7,50	Areia (g kg ⁻¹)	546
P (mg dm ⁻³)	45,0	Silte (g kg ⁻¹)	230
S- SO ₄ ²⁻	4,9	Argila (g kg ⁻¹)	224
Si (mg dm ⁻³)	27,44	Ds (g cm ⁻³)	1,53
K ⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,44	D _p (g cm ⁻³)	2,61
Ca ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	2,09	Pt (%)	41,38
Mg ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	2,12	Uvcc- 0,03 MPA (%)	23,33
Na ⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,05	Uvpmp 03mpa (%)	11,72
		Ad (%)	11,61
SB (cmol _c dm ⁻³)	4,70		
H ⁺ +Al ³⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,00		
Al ³⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,00	Classe textural	
CTC (cmol _c dm ⁻³)	4,70		Franco
V (%)	100%		Argila
MOS (g kg ⁻¹)	13,58		Arenosa

MOS = Matéria orgânica do solo; SB = Soma de bases trocáveis (SB = Ca²⁺+Mg²⁺+K⁺+Na⁺); CTC = Capacidade de troca catiônica [CTC = SB (Ca²⁺+Mg²⁺+K⁺+Na⁺)]; V= Saturação do solo por bases trocáveis [V = (SB/CTC) × 100; Ds e Dp = respectivamente, densidade do solo e de partículas; Pt. porosidade total. Uvcc. Uvpmp = Respectivamente. unidade volumétrica ao nível de capacidade de campo e do ponto de murchamento permanente nas tensões de -0.033 e -1.500 Mpa do solo. Ad= água disponível no solo

As mudas de maracujazeiro-amarelo BRS Gigante Amarelo (BRS F1), obtidas a partir de sementes certificadas, foram inicialmente semeadas em bandejas de 200 células, com duas sementes por célula. Quando apresentaram dois pares de folhas definitivas, realizou-se o transplântio da muda mais vigorosa para sacos de polietileno com capacidade de 3 L, contendo o mesmo substrato utilizado nas bandejas.

O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado (DIC), em arranjo fatorial 4 × 2 + 2, sendo o fator 4 referente às doses de ácido silícico (1,26; 2,52; 3,78 e 5,04 g dm³) e o fator 2 às doses de sulfato de potássio (150 e 600 mg dm³), com o “+2” representando dois tratamentos adicionais de condutividade elétrica da água de irrigação (0,5 e 4,0 dS m⁻¹). Cada tratamento contou com cinco repetições, totalizando 50 unidades experimentais.

As doses de ácido silícico foram combinadas com as de sulfato de potássio e aplicadas por fertirrigação na implantação e aos 15, 30 e 45 dias após o transplântio. Foi realizada a calibração de enxofre para uniformizar a dose entre os tratamentos. Como controles, empregaram-se duas testemunhas: a testemunha 1, irrigada com água salina (CE = 4,0 dS m⁻¹), e a testemunha 2, irrigada com água de baixa salinidade (CE = 0,5 dS m⁻¹), ambas sem aplicação de silício e potássio. Os volumes de água foram determinados de acordo com a necessidade hídrica das plantas, via lisimetria de drenagem, pela seguinte equação:

$$VI = (Va - Vd)$$

Onde: VI (ml)- volume de água a ser aplicado no próximo evento de irrigação; Va (ml)- volume de água aplicado no evento de irrigação anterior; Vd (ml)- volume de água drenado no evento de irrigação anterior.

Aos 60 dias após o transplântio (DAT) foi avaliado as variáveis de crescimento: altura de planta medindo do colo da planta até sua extremidade, com o auxílio de uma trena métrica (AP, cm), diâmetro do caule medindo a 2 cm do colo da planta com um paquímetro digital (DC, mm) e a área foliar foi obtida relacionando-se a massa seca de 8 discos foliares de área conhecida (1,34 cm²) com a massa seca total das folhas por planta, conforme a seguinte equação:

$$AFP = (MSF \times AFD) / MSD$$

Onde: AFP = área foliar (cm² por planta), MSF = massa seca das folhas (g), AFD = área foliar dos discos (cm²), MSD = massa seca dos discos (g), conforme descrito em Benincasa (2003).

Os dados foram submetidos ao teste de normalidade dos resíduos pelo método de Shapiro–Wilk e à verificação da homogeneidade das variâncias pelo teste de Bartlett. Em seguida, realizou-se a análise de variância (ANOVA) por meio do teste F, adotando-se nível de confiança mínimo de 95%. Quando observada significância, o fator silício e/ou a interação foram analisados por regressão polinomial de primeiro e/ou segundo grau, de acordo com a significância do efeito pelo teste F. As comparações múltiplas entre os tratamentos e as testemunhas 1 e 2 foram realizadas pelo teste de Dunnett ($p < 0,05$) (Azevedo, 2022). As análises estatísticas foram realizadas no software R, e os gráficos foram elaborados no SigmaPlot 15.0, voltado para a produção de gráficos científicos e análise de dados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com o resumo da análise de variância (Tabela 2), para as variáveis de crescimento, verificou-se efeito significativo de forma isoladas no silício e potássio pelo teste F ($p \leq 0,01$) para altura da planta, diâmetro do caule e área foliar.

Tabela 2 - Síntese da análise de variância (Quadrado médio) para altura de planta (AP) diâmetro do caule (DC) e área foliar (AF) do maracujazeiro-amarelo sob doses de aplicação de silício e potássio

Fonte de Variação	GL	Quadrado médio		
		AP	DC	AF
Silício	3	448,32**	1,75**	3,08**
Potássio	1	878,43**	3,96**	9,33**
Interação	3	144,42 ^{ns}	0,63 ^{ns}	0,58 ^{ns}
Testemunha	1	6200,10**	20,74**	50,49**
Testemunha vs Comuns	1	28,16 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,79 ^{ns}
Resíduo	40	86,74	0,22	0,52
CV		17,91	10,99	16,02

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 doses de silício se ajustaram a regressão polinomial do 1º grau para as variáveis de crescimento, onde houve um aumento na AP em função do incremento das doses de silício, com um aumento de 0,90cm a cada incremento unitário de ácido silícico, o que resultou em um valor máximo 59,76 cm por planta na maior dose de 5,04 g dm⁻³. Para o DC obteve um resultado de 0,91mm a cada incremento unitário em função do ácido silícico por planta referente a dose 5,04 g dm⁻³ de ácido silícico. Para a AF obteve o valor de 0,83g a cada incremento unitário em função do ácido silícico por planta referente a dose de 5,04 g dm⁻³ de ácido silícico.

Ainda, observou-se que as testemunhas 1 e 2 apresentaram diferenças significativas pelo teste Dunnett ($p < 0,05$), em relação à altura da planta (A) e a área foliar (B), excetuando a dose de 5,04 g dm⁻³ da testemunha 2 com AF; porém para o diâmetro caulinar (C), houve efeito significativo entre a testemunha 2 com os tratamentos com exceção da dose 5,04 g dm⁻³, e para a testemunha 1 somente da dose de 5,04 g dm⁻³.

Esse efeito pode ser explicado pelo fato do silício fortalecer as paredes celulares, favorece o alongamento e o desenvolvimento dos tecidos vegetais e contribui para maior tolerância ao estresse salino, promovendo melhor absorção de água e nutrientes (EPSTEIN, 1999; MA, 2004). Dessa forma, as plantas que são bem supridas com esse elemento apresentam estrutura mais resistente e funcionamento fisiológico mais eficiente, mesmo estando sob estresse salino. Esses efeitos explicam o crescimento linear que pode ser observado com o aumento das doses de ácido silícico.

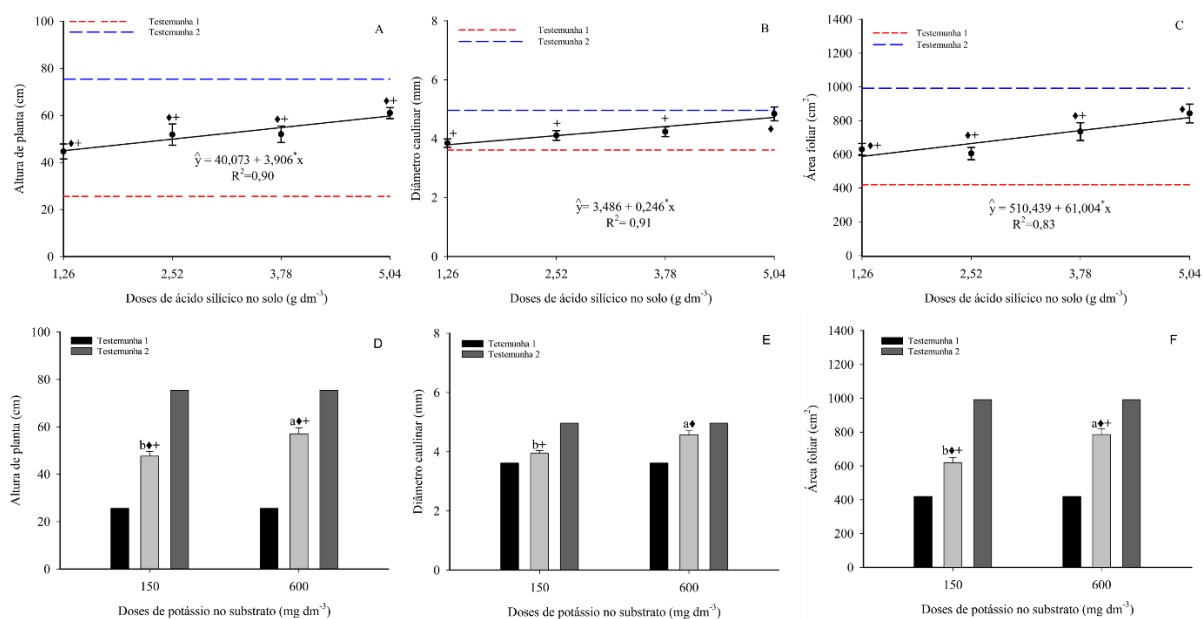


Figura 1. Altura de planta (A) diâmetro de caule (B) área foliar (C) em função das doses de ácido silícico (A/B/C) em função das doses de sulfato de potássio (D/E/F) aplicadas. ** significativos a 1% de probabilidade pelo teste F; ♦ + se diferem do tratamento testemunha 1 e da testemunha 2, respectivamente, pelo teste Dunnett ($p < 0,05$).

Para as doses de potássio foi utilizado o gráfico de barra, com a menor dose de 150 e a maior de 600 mg dm⁻³. Para a AP obteve o resultado de 57,06cm e 47,69cm por planta, para o DC foi de 4,57mm e 3,95mm por planta e para AF foi 619,24cm² e 785,96 cm² por planta, referente às doses de 600 e 150 mg dm⁻³ de potássio. Quando aplicado o teste de Dunnett, ao nível de 5% de probabilidade para a dose de 150 e 600 mg dm⁻³, observou-se que a altura de planta(D) e área foliar (F) dos tratamentos com potássio estavam estatisticamente significativos para ambas as testemunhas do grupo controle (1 e 2), todas obtiveram um valor acima da testemunha 1 e inferior a testemunha 2, porém, para o diâmetro caulinar (E) houve efeito significativo entre a testemunha 2 com a dose de 150g dm³ e efeito significativo entre a testemunha 1 com a dose de 600g dm³.

Esse efeito pode ser explicado pelo fato do potássio participar do controle da abertura e fechamento estomático, regulando o balanço hídrico e permitindo que a planta mantenha a fotossíntese ativa mesmo sob condições de estresse (MARSCHNER, 2012; TAIZ et al., 2017). Ao favorecer o transporte de assimilados, esse nutriente garante o fornecimento de compostos orgânicos às regiões de crescimento, estimulando o desenvolvimento da parte aérea. Sua atuação na translocação de açúcares e na geração de energia metabólica é fundamental para a formação de novos tecidos, o que favorece o alongamento celular e o acúmulo de biomassa. Esse conjunto de funções faz com que o potássio desempenhe papel essencial no crescimento

equilibrado da planta, refletindo diretamente no aumento da massa seca e na melhoria do vigor vegetativo (ZORB et al., 2014).

CONCLUSÃO

A aplicação do silício e potássio promoveu um aumento do crescimento em plantas de maracujá, onde as maiores doses de silício 5,04g dm³ e potássio 600g dm³ se mostraram mais eficientes aos efeitos deletérios da salinidade em mudas de maracujazeiro gigante amarelo. Dessa forma, comprova a importância da utilização do silício e potássio como estratégia à atenuação do estresse salino no desenvolvimento de planta de maracujazeiro

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AZEVEDO, A. Tratamentos.ad: Pacote Para Análise De Experimentos Com Testemunhas Adicionais. **R package version 0.2.4**, <<https://CRAN.R-project.org/package=Tratamentos.ad>>. 2022.
- BENINCASA, M. M. P. Análise de crescimento de plantas. Jaboticabal: FUNEP, 2003. 41p.
- EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 5. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 356 p.
- EPSTEIN, E. Silicon. **Annual Review of Plant Biology**, v. 50, p. 641–664, 1999.
- GONG, H. J. et al. Silicon alleviates oxidative damage of wheat plants in pots under drought. **Plant Science**, v. 169, p. 313–321, 2005.
- MA, J. F. Role of silicon in enhancing the resistance of plants to environmental stress: a review. **Soil Science and Plant Nutrition**, v. 50, n. 1, p. 11–18, 2004.
- MARSCHNER, P. Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants. 3rd ed. London: **Academic Press**, 2012.
- SILVA, J. A. et al. Produção e qualidade de frutos de maracujazeiro-amarelo irrigado com águas salinas no semiárido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 5, p. 497-502, 2014.
- TAIZ, L. et al. Fisiologia e desenvolvimento vegetal. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

ZORB, C.; SENBAYRAM, M.; PEITER, E. Potassium in agriculture – status and perspectives.
Journal of Plant Physiology, v. 171, n. 9, p. 656–669, 2014.