

DANO CELULAR E CONTEÚDO DE ÁGUA DO MARACUJAZEIRO-AZEDO SOB NATUREZA CATIÔNICA DA ÁGUA E ÁCIDO SALICÍLICO

Francisco Jean da Silva Paiva¹, Rafaela Aparecida Frazão Torres², Geovani Soares de Lima³, Lauriane Almeida dos Anjos Soares⁴, Alan Keis Chaves Almeida⁵, Smyth Trotsk de Araujo Silva⁶

RESUMO: A região Nordeste destaca-se entre as demais regiões do Brasil em produção de maracujá. Contudo, fatores climáticos podem afetar fortemente a produção da cultura. Com isto, objetivou-se avaliar o dano celular e conteúdo de água foliar em mudas de maracujazeiro-azedo ‘BRS SC1’ irrigadas com águas de diferentes naturezas catiônicas e aplicação exógena de ácido salicílico em condições de semiárido paraibano. O estudo foi conduzido em casa de vegetação em Pombal, PB, utilizando-se o delineamento em blocos casualizados, em arranjo fatorial 6×4 , sendo seis composições catiônicas da água de irrigação (S₁ - Testemunha; S₂ - Na⁺; S₃ - Ca²⁺; S₄ - Na⁺ + Ca²⁺; S₅ - Mg²⁺ e S₆ - Na⁺ + Ca²⁺ + Mg²⁺), e quatro concentrações de ácido salicílico - ACI (0; 1,0; 2,0 e 3,0 mM) com três repetições e duas plantas por parcela, totalizando 144 unidades experimentais. A salinidade da água de 4,0 dS m⁻¹ promoveu o maior dano celular, independentemente da natureza catiônica. A aplicação exógena de ácido salicílico não mitigou os efeitos deletérios do estresse salino nas plantas de maracujazeiro-azedo, aos 45 e 60 dias após o semeio.

PALAVRAS-CHAVE: irrigação, salinidade, *Passiflora edulis* Sims

CELL DAMAGE AND WATER CONTENT OF THE PASSION FRUIT UNDER THE CATIONIC NATURE OF WATER AND SALICYLIC ACID

ABSTRACT: The Northeast region stands out among the other regions of Brazil in passion fruit production. However, climatic factors can strongly affect crop production. With this, the

¹ Doutorando em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande. Fone: (83) 99694-2079. E-mail: je.an_93@hotmail.com

² Graduanda em Agronomia, Universidade Federal de Campina Grande. E-mail: rafaelatorres1997@gmail.com

³ Professor Doutor, Universidade Federal de Campina Grande. E-mail: geovanisoareslima@gmail.com

⁴ Professora Doutora, Universidade Federal de Campina Grande. E-mail: laurispo.agronomia@gmail.com

⁵ Graduando em Agronomia, Universidade Federal de Campina Grande. E-mail: alankeisc@gmail.com

⁶ Graduando em Agronomia, Universidade Federal de Campina Grande. E-mail: smythtrotsk18@gmail.com

objective was to evaluate the cellular damage and leaf water content in ‘BRS SC1’ passion fruit seedlings irrigated with waters of different cationic natures and exogenous application of salicylic acid in semi-arid conditions of Paraíba. The study was carried out in a greenhouse in Pombal, PB, using a randomized block design, in a 6×4 factorial arrangement, with six cationic irrigation water compositions (S_1 - Control; S_2 - Na^+ ; S_3 - Ca^{2+} ; S_4 - $Na^+ + Ca^{2+}$; S_5 - Mg^{2+} and S_6 - $Na^+ + Ca^{2+} + Mg^{2+}$), and four concentrations of salicylic acid - ACI (0; 1.0; 2.0 and 3.0 mM) with three replications and two plants per plot, totaling 144 experimental units. The water salinity of 4.0 dS m^{-1} promoted the greatest cell damage, regardless of the cationic nature. The exogenous application of salicylic acid did not mitigate the harmful effects of salt stress on the passion fruit plants, at 45 and 60 days after sowing.

KEYWORDS: irrigation, salinity, *Passiflora edulis* Sims

INTRODUÇÃO

O maracujazeiro-azedo (*Passiflora edulis* Sims) é uma frutífera amplamente produzida no Brasil e exerce um importante papel na economia nacional. O Brasil é o maior produtor de maracujá, tendo no ano de 2020 destinado 46.530 hectares para a produção da fruta, e obtido produção de 690.364 toneladas, sendo a região Nordeste a maior produtora, com mais de 491 mil toneladas, o equivalente a mais de 70% de toda a produção nacional (IBGE, 2021).

Contudo, apesar de ser uma cultura de grande importância, sua produção na região Nordeste pode ser consideravelmente afetada devido a condições edafoclimáticas características destas áreas, como à salinidade da água de irrigação, cuja composição catiônica é oscilante, de acordo com fatores intrínsecos.

O ácido salicílico é um composto fenólico que atua na sinalização e expressão de genes que ativam os mecanismos de defesa vegetal (METHENNI et al., 2018; SILVA et al., 2018) estando envolvido em processos relacionados ao crescimento e a aspectos fisiológicos, como abertura e fechamento estomático, transpiração além de absorção de íons e fotossíntese (SILVA et al., 2020).

Ante o exposto, objetivou-se avaliar o dano celular e o conteúdo de água foliar de mudas de maracujazeiro-azedo ‘BRS SC1’ em função da natureza catiônica da água de irrigação e aplicação exógena de ácido salicílico durante a fase de formação de mudas em condições de Semiárido paraibano.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em condição de casa de vegetação, pertencente ao Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar (CCTA) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Campus de Pombal-PB. Os tratamentos resultaram da combinação entre dois fatores: seis composições catiônicas da água de irrigação (S₁ - Testemunha; S₂ - Na⁺; S₃ - Ca²⁺; S₄ - Na⁺ + Ca²⁺; S₅ - Mg²⁺ e S₆ - Na⁺ + Ca²⁺ + Mg²⁺), de modo a se ter uma proporção equivalente de 1:1 entre Na⁺:Ca²⁺ e 7:2:1, entre Na⁺ + Ca²⁺ + Mg²⁺, respectivamente, associados a quatro concentrações de ácido salicílico – ACI (0; 1,0; 2,0 e 3,0 mM).

As plantas referentes ao tratamento testemunha (S₁) foram irrigadas com água de condutividade elétrica (CEa) de 0,3 dS m⁻¹, enquanto que os demais tipos de água (S₂; S₃; S₄; S₅ e S₆) utilizou-se um nível de CEa de 4,0 dS m⁻¹, preparada com diferentes cátions, em forma de cloreto. O experimento foi instalado em delineamento de blocos casualizados em arranjo fatorial 6 × 4 com três repetições, sendo cada parcela constituída de 2 plantas, totalizando 144 unidades experimentais. Utilizaram-se neste experimento sementes do maracujazeiro-azedo cv. BRS Sol do Cerrado ('BRS SC1').

Para a obtenção das mudas foi realizado o semeio, colocando-se 3 sementes em recipientes de polietileno com dimensões de 15 × 30 cm, preenchidas com uma proporção de 2:1:1 de um Neossolo Regolítico de textura franco-arenosa, areia e matéria orgânica (esterco bovino bem curtido), respectivamente, proveniente da zona rural do município de São Domingos, PB, coletado na profundidade de 0-20 cm.

As sacolas foram distribuídas de forma equidistante, apoiados em bancadas a uma altura de 0,80 m do solo. As características físicas e químicas de solo obtidas conforme a metodologia propostas por Teixeira et al. (2017) estão dispostas na Tabela 1.

Tabela 1. Características químicas e físicas do solo utilizado no experimento, antes da aplicação dos tratamentos.

Características químicas								
pH H ₂ O (1:2,5)	M.O. g kg ⁻¹	P (mg kg ⁻¹)	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H ⁺
5,58	2,93	39,2	0,23	1,64	9,07	2,78	0,0	8,61
.....Características químicas.....		Características físicas.....					
CE _{es} (dS m ⁻¹)	CTC cmol _c kg ⁻¹	RAS (mmol L ⁻¹) ^{0,5}	PST %	Fração granulométrica (g kg ⁻¹)			Umidade (dag kg ⁻¹)	
2,15	22,33	0,67	7,34	Areia	Silte	Argila	33,42 kPa ¹	1519,5 kPa ²
				572,7	100,7	326,6	25,91	12,96

pH – Potencial hidrogeniônico, M.O – Matéria orgânica: Digestão Úmida Walkley-Black; Ca²⁺ e Mg²⁺ extraídos com KCl 1 M pH 7,0; Na⁺ e K⁺ extraídos utilizando-se NH₄OAc 1 M pH 7,0; Al³⁺+H⁺ extraídos utilizando-se CaOAc 0,5 M pH 7,0; CE_{es} - Condutividade elétrica do extrato de saturação; CTC - Capacidade de troca catiônica; RAS - Relação de adsorção de sódio do extrato de saturação; PST - Percentagem de sódio trocável; ^{1,2} referindo a capacidade de campo e ponto de murchamento permanente.

As águas de irrigação foram obtidas a partir da adição dos sais de Na⁺, Ca²⁺ e Mg²⁺ em forma de cloreto, conforme os tratamentos pré-estabelecidos tomando-se, como base, a água

proveniente do sistema de abastecimento local de Pombal-PB, cuja quantidade determinada, levando em consideração a relação entre a CEA e a concentração de sais (RICHARDS, 1954).

As concentrações de ácido salicílico foram preparadas através da diluição do ácido salicílico P.A em 30% de álcool etílico em água destilada. O início das aplicações com o ácido salicílico se deu 15 dias após a emergência das plantas e posteriormente foram realizadas com intervalos de 12 dias, pulverizando-se de modo a se obter o molhamento completo das folhas, (faces abaxial e adaxial das folhas), utilizando-se de um borrifador, cujas aplicações foram realizadas a partir das 17:00 horas.

As adubações foram realizadas através de fertirrigação, conforme recomendação de Novais et al. (1991). Os efeitos dos distintos tratamentos sobre a cultura do maracujazeiro-azedo foram mensurados aos 45 e 60 dias após o semeio, através do dano celular (%D), conteúdo relativo de água (CRA) e déficit hídrico de saturação (DSH).

O dano à membrana celular (%D) sob condições de estresse salino foi determinado de acordo com Scotti-Campos et al. (2013), conforme Eq. 1:

$$\%D = \left(\frac{C_i}{C_f} \right) \times 100 \quad (1)$$

Em que, %D = percentual de danos na membrana celular; C_i = condutividade elétrica inicial (dS m^{-1}); C_f = condutividade elétrica final (dS m^{-1}).

A determinação do conteúdo relativo de água no limbo foliar (CRA) foi feita de acordo com a metodologia de Weatherley (1950) utilizando-se a Eq. 2:

$$CRA = \left(\frac{MF-MS}{MT-MS} \right) \times 100 \quad (2)$$

Em que, CRA = Conteúdo relativo de água (%); MF = massa fresca de folha (g); MT = massa túrgida (g); MS = Massa seca (g).

O déficit de saturação hídrica (DSH) foi obtido através da Eq. 3:

$$DSH = 100 - CRA \quad (3)$$

Em que, DST = Déficit de saturação hídrica (DSH%); CRA = conteúdo relativo de água (CRA%).

Os dados obtidos foram avaliados mediante análise de variância pelo teste F. Nos casos de significância, foi realizado teste de agrupamento de médias pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$) para a natureza catiônica da água de irrigação, e análise de regressão polinomial ($p \leq 0,05$) para as concentrações de ácido salicílico, utilizando-se do software estatístico SISVAR-ESAL versão 5.6 (FERREIRA, 2019).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve efeito significativo ($p \leq 0,01$) da natureza catiônica da água de irrigação para todas as variáveis analisadas (Tabela 2). As concentrações de ácido salicílico e a interação entre os fatores (NCA \times ACI) não afetou de forma significativa nenhuma das variáveis mensuradas.

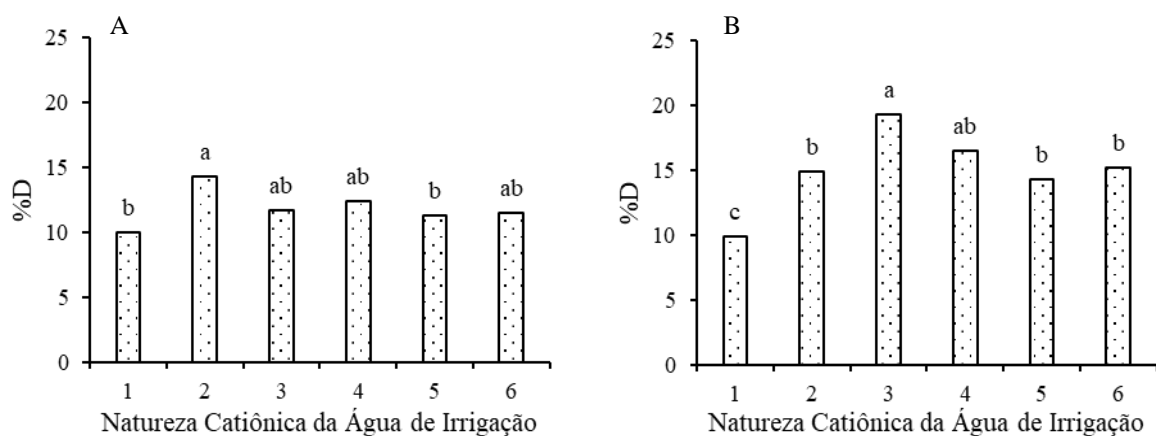
Tabela 2. Resumo da análise de variância referente ao dano celular (%D), conteúdo relativo de água (CRA) e déficit de saturação hídrica (DSH) das plantas de maracujazeiro-azedo 'BRS SC1' irrigadas com água de diferentes naturezas catiônicas e aplicação exógena de ácido salicílico, aos 45 e 60 dias após o semeio.

FV	GL	Quadrados médios			
		%D ¹	%D ²	CRA	DSH
NCA	5	24,03**	114,41**	330,09**	330,09**
ACI	3	5,36 ^{ns}	6,33 ^{ns}	46,47 ^{ns}	46,27 ^{ns}
NCA \times ACI	15	8,79 ^{ns}	3,57 ^{ns}	69,41 ^{ns}	69,41 ^{ns}
Bloco	2	14,39 ^{ns}	81,32 ^{ns}	135,50 ^{ns}	135,50 ^{ns}
Resíduo	46	5,56	9,75	71,59	71,59
CV (%)		19,93	20,80	63,23	9,77

FV - Fonte de variação; GL - Grau de liberdade; NCA - Natureza Catiônica da Água; ACI - Ácido salicílico; CV - Coeficiente de variação; ^{1,2} - aos 45 e 60 dias após o semeio, respectivamente; (*) significativo a 0,05; (**) significativo a 0,01 de probabilidade; (ns) não significativo.

As distintas naturezas catiônicas exerceram efeito significativo sobre o dano celular das plantas de maracujazeiro-azedo em ambos os períodos de avaliação (45 e 60 DAS). Aos 45 DAS, (Figura 1A) as plantas que receberam água salinizada por sódio (S₃), obtiveram o maior valor (14,25%), sendo estatisticamente maior que aos obtidos pelas plantas que receberam água do tratamento testemunha (S₁) e salinizada por Mg²⁺ (S₅), respectivamente.

Aos 60 DAS (Figura 1B), observa-se que, as plantas que receberam água salinizada por Ca²⁺ (S₃) obtiveram o maior valor (19,31%), diferindo-se estatisticamente de todos os demais tratamentos, com exceção do S₄. O menor valor foi obtido quando as plantas foram irrigadas com água de baixa CE (S₁), correspondente a 9,87%, sendo estatisticamente inferior a todos os demais tratamentos.



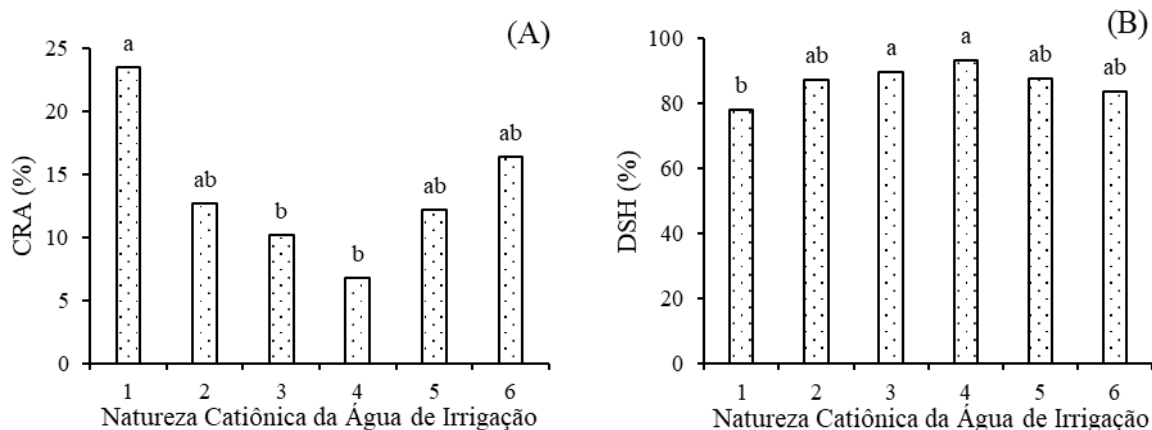
1 - Testemunha; 2 - Na⁺; 3 - Ca²⁺; 4 - Na⁺ + Ca²⁺; 5 - Mg²⁺; 6 - Na⁺ + Ca²⁺ + Mg²⁺. Médias seguidas por letras iguais não diferem pelo teste de Tukey a ($p \leq 0,05$).

Figura 1. Dano celular (%D) das plantas de maracujazeiro-azedo 'BRS SC1' aos 45 (A) e 60 (B) dias após o semeio em função da natureza catiônica da água de irrigação.

A estabilidade das membranas celulares pode ser alterada pelo efeito osmótico e de íons específicos, aumentando consequentemente sua permeabilidade, influenciando de maneira negativa em funções fisiológicas e bioquímicas, promovendo distúrbios na absorção de água, nas relações hídricas e no uso de nutrientes pelas plantas (LIMA et al., 2019).

Observa-se que o maior conteúdo relativo de água (Figura 2A), foi obtido quando as plantas foram irrigadas com água do tratamento testemunha (S_1), diferindo de forma estatística das plantas que receberam água salinizada por Ca^{2+} (S_3) e pela mistura $Na^+ + Ca^{2+}$ (S_4), que obtiveram média de 10,2 e 6,79%, respectivamente. Não houve diferença significativa entre os tratamentos S_2 , S_3 , S_4 , S_5 e S_6 .

Para o déficit de saturação hídrica (Figura 2B), nota-se que, os maiores valores foram obtidos quando se irrigou com água salinizada por $Na^+ + Ca^{2+}$ (S_4) e Ca^{2+} (S_3), com 93,2 e 89,79%, respectivamente, sendo estatisticamente superior ao das plantas irrigadas com água de baixa CE (S_1). Não houve diferença significativa entre os tratamentos S_2 , S_3 , S_4 , S_5 e S_6 .



1 - Testemunha; 2 - Na^+ ; 3 - Ca^{2+} ; 4 - $Na^+ + Ca^{2+}$; 5 - Mg^{2+} ; 6 - $Na^+ + Ca^{2+} + Mg^{2+}$. Médias seguidas por letras iguais não diferem pelo teste de Tukey a ($p \leq 0,05$).

Figura 2. Conteúdo relativo de água - CRA (A) e déficit de saturação hídrica - DSH (B) das plantas de maracujazeiro-azedo ‘BRS SC1’ em função da natureza catiônica da água de irrigação, aos 60 dias após o semeio.

CONCLUSÕES

A salinidade da água de 4,0 dS m^{-1} promove o maior dano celular aos 60 dias após o semeio.

A aplicação exógena de ácido salicílico não atenua o estresse salino nas plantas de maracujazeiro-azedo ‘BRS SC1’.

REFERÊNCIAS

- FERREIRA, D. F. SISVAR: A computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Revista Brasileira de Biometria**, v. 37, n. 4, p. 529-535, 2019.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Produção Agrícola Municipal 2020**. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5457#resultado>>. Acesso em: out. 2021.
- LIMA, G. S.; GHEYI, H. R.; NOBRE, R. G.; SOARES, L. A. A.; SANTOS, J. B. Cell damage, water status and gas exchanges in castor bean as affected by cationic composition of water. **Revista Caatinga**, v. 32, n. 2, p. 482-492, 2019.
- METHENNI, K.; ABDALLAH, M. B.; NOUAIRI, I.; SMAOUI, A.; ZARROUK, M.; YOUSSEF, N. B. Salicylic acid and calcium pretreatments alleviate the toxic effect of salinity in the Oueslati olive variety. **Scientia Horticulturae**, v. 233, p. 349-358, 2018.
- NOVAIS, R. F.; NEVES, J. C. L.; BARROS, N. F. Ensaio em ambiente controlado. In: Oliveira, A. J. (ed.). **Métodos de pesquisa em fertilidade do solo**. Brasília: Embrapa-SEA. cap. 12, p. 189-253, 1991.
- RICHARDS, L. A. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Department of Agriculture, Washington, USA. 160p, 1954.
- SCOTTI-CAMPOS, P.; PHAM-THI, A.; SEMEDO, J. N.; PAIS, I. P.; RAMALHO, J. C.; MATOS, M. C. Physiological responses and membrane integrity in three Vigna genotypes with contrasting drought tolerance. **Emirates Journal of Food and Agriculture**, v. 25, n. 12, p. 1002-1013, 2013.
- SILVA, A. A. R. da; LIMA, G. S. de; AZEVEDO, C. A. V. de; VELOSO, L. L. de S. A.; GHEYI, H. R. Salicylic acid as an attenuator of salt stress in soursop. **Revista Caatinga**, v. 33, n. 4, p. 1092-1101, 2020.
- SILVA, T. I.; NÓBREGA, J. S.; FIGUEIREDO, F. R. A.; SOUSA, L. V.; RIBEIRO, J. E. S.; BRUNO, R. L. A.; DIAS, T. J.; ALBUQUERQUE, M. B. *Ocimum basilicum* L. seeds quality as submitted to saline stress and salicylic acid. **Journal of Agricultural Science**, v. 10, n. 5, p. 159-166, 2018.
- TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. (org.). **Manual de métodos de análise de solo**. 3ed. Brasília, DF: Embrapa, 2017. 573p.

WEATHERLEY, P. E. Studies in the water relations of the cotton plant. I- The field measurements of water deficits in leaves. **New Phytologist**, v. 49, n. 1, p. 81-97, 1950.