

PARÂMETROS FISIOLÓGICOS E DE CRESCIMENTO DO MARACUJAZEIRO-AZEDO SOB ESTRESSE SALINO E BIOFERTILIZANTE DE MANIPUEIRA

Vera Lucia Antunes de Lima¹, Thaimara Ramos Angelino de Souza², Thais Aparecida Rocha da Costa³, Maria Sallydelândia de Farias Araújo⁴, André Alisson Rodrigues da Silva⁵, Geovani Soares de Lima⁶

RESUMO: O maracujazeiro azedo é uma fruteira amplamente difundida no Nordeste brasileiro, mas a escassez hídrica em termos qualitativos e quantitativos dificulta a expansão da agricultura irrigada nesta região. Objetivou-se com este estudo avaliar o efeito da aplicação de biofertilizante de manipueira como fonte de potássio na mitigação dos efeitos do estresse salino sobre os parâmetros fisiológicos e de crescimento do maracujazeiro-azedo. A pesquisa foi conduzida em casa de vegetação, utilizando um delineamento inteiramente casualizado em esquema de parcelas subdivididas. Os tratamentos consistiram em cinco níveis de condutividade elétrica da água de irrigação - CEa (0,9; 1,8; 2,7; 3,6 e 4,5 dS m⁻¹) nas parcelas, e quatro doses de manipueira – DM% (25, 50, 75 e 100% da recomendação de potássio) nas subparcelas, com três repetições. Foram avaliados os parâmetros fisiológicos (teor relativo de água, déficit de saturação hídrica, extravasamento de eletrólitos) e o diâmetro do caule após 60 dias do transplântio. A aplicação de 50% do biofertilizante de manipueira como fonte de potássio promove efeitos benéficos, melhorando o crescimento e o conteúdo relativo de água no limbo foliar.

PALAVRAS-CHAVE: Adubação potássica, atenuante, água salobra.

¹ Prof^a. Doutora, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola - PPGEA, UFCG, Campina Grande, PB, CEP: 58429-900, Campina Grande, PB, email: vera.antunes.ufcg@gmail.com

² Doutoranda em Irrigação e Drenagem, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola - PPGEA, UFCG, Campina Grande, PB.

³ Mestranda em Irrigação e Drenagem, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola - PPGEA, UFCG, Campina Grande, PB.

⁴ Prof^a. Doutora, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola - PPGEA, UFCG, Campina Grande, PB.

⁵ Prof^a. Doutor, Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA, Campus Juruti, PA.

⁶ Prof. Doutor, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola - PPGEA, UFCG, Pombal, PB.

PHYSIOLOGICAL AND GROWTH PARAMETERS OF SOUR PASSION FRUIT UNDER SALT STRESS AND CASSAVA WASTEWATER BIOFERTILIZER

ABSTRACT: Sour passion fruit is a widely cultivated fruit crop in the Brazilian Northeast; however, both the quantitative and qualitative scarcity of water limits the expansion of irrigated agriculture in this region. This study aimed to evaluate the effect of applying cassava wastewater biofertilizer as a potassium source on mitigating the effects of salt stress on the physiological and growth parameters of sour passion fruit. The research was conducted in a greenhouse using a completely randomized design in a split-plot arrangement. The treatments consisted of five levels of irrigation water electrical conductivity – EC_w (0.9, 1.8, 2.7, 3.6, and 4.5 dS m⁻¹) as the main plots, and four doses of cassava wastewater – DM% (25, 50, 75, and 100% of the recommended potassium rate) as the subplots, with three replications. Physiological parameters (relative water content, leaf water saturation deficit, and electrolyte leakage) and stem diameter were evaluated 60 days after transplanting. The application of 50% cassava wastewater biofertilizer as a potassium source had beneficial effects, improving both growth and relative water content in the leaf blade.

KEYWORDS: Potassium fertilization, mitigant, brackish water.

INTRODUÇÃO

O maracujazeiro-azedo (*Passiflora edulis Sims*), é uma frutífera nativa das regiões tropicais e subtropicais das Américas, sendo amplamente cultivado no Brasil, devido ao clima favorável. Segundo o IBGE (2023) a região Nordeste é responsável por cerca de 70% da produção nacional, destacando-se os estados da Bahia e Ceará como principais produtores. No entanto, as águas disponíveis na região Nordeste frequentemente apresentam alta salinidade, o que pode prejudicar o crescimento e a produtividade das plantas (Sekhon et al., 2020).

Desse modo, práticas de manejo podem ser utilizadas para atenuar os efeitos deletérios do estresse salino nas plantas, destacando-se o uso da adubação organomineral (Sales et al., 2021). Diante deste cenário o uso da manipueira tratada no Semiárido nordestino pode ser uma das estratégias mais promissoras de reuso agrícola de água residuária, pelo fato de ser um biofertilizante líquido que além de atuar diretamente sob o uso eficiente da água, age como fonte de nutrientes para a cultura do maracujazeiro devido sua elevada concentração de potássio.

Nesse sentido, objetivou-se com este trabalho avaliar o efeito da aplicação de doses de biofertilizante de maniveira como fonte de potássio na mitigação dos efeitos do estresse salino sobre os índices fisiológicos e de crescimento em plantas de maracujazeiro-azedo (*Passiflora edulis Sims*).

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida na Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola, da Universidade Federal de Campina Grande (CTRN/UFCG), em Campina Grande, PB, no período de julho de 2022 a dezembro de 2022. Os tratamentos foram distribuídos no delineamento inteiramente casualizado, em esquema de parcelas subdivididas, sendo as parcelas constituídas por cinco níveis de condutividade elétrica da água de irrigação - CEa (0,9; 1,8; 2,7; 3,6 e 4,5 dS m⁻¹) e as subparcelas foram atribuídas a quatro doses de maniveira - DM% (25, 50, 75 e 100%) da recomendação de potássio, com três repetições e uma planta por parcela.

As mudas foram transplantadas para vasos plásticos adaptados como lisímetros de drenagem, com capacidade de 200 L, preenchidos com uma camada de 1,0 kg de brita seguido de 250 kg de solo classificado como *Neossolo Regolítico*, procedente do município de Lagoa Seca- PB, cujas as características físico-químicas foram determinadas de acordo com Teixeira et al. (2017): Potencial de hidrogênio (1: 2,5 solo / água) = 7,64, matéria orgânica = 0,84 dag kg⁻¹, P = 0,01 mg/10g, K⁺, Na⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, H⁺ + Al³⁺ equivalente a 0,60; 0,10, 6,91; 3,65 e 0,00 cmolc kg⁻¹, Fração granulométrica: areia, silte, argila = 60,66; 28,17; 11,17%, respectivamente, Teor de umidade (dag kg⁻¹) na capacidade de campo (33,44 kPa) e em murcha permanente (1519,9 kPa) = 17,14; 7,36, respectivamente.

As águas de irrigação com diferentes níveis de condutividade elétrica foram preparadas dissolvendo-se os sais NaCl, CaCl₂.2H₂O e MgCl₂.6H₂O, na proporção equivalente de 7:2:1, (Medeiros, 1992), respectivamente, em água de abastecimento local (CEa = 0,38 dS m⁻¹). No preparo das águas de irrigação foi considerada a relação entre CEa e concentração de sais (Richards, 1954). O volume de maniveira aplicado foi determinado com base na análise da concentração de potássio (1,41 g L⁻¹) presente no efluente. Para estabelecer os tratamentos, foram aplicadas quatro concentrações de biofertilizante de maniveira (25%, 50%, 75% e 100%). Além disso, a ureia foi utilizada como fonte de nitrogênio e o superfosfato simples

como fonte de fósforo, conforme a metodologia proposta por Costa & Silva (2008) para a cultura do maracujazeiro.

Aos 60 dias após o transplante das mudas, foram quantificados o conteúdo relativo de água (CRA) usando a metodologia descrita por Weatherley (1950) e o déficit de saturação hídrica (DSH) foram determinados conforme Lima et al. (2015). O extravasamento de eletrólitos (% EE) foi determinado utilizando a metodologia de Scotti-Campos et al. (2013). E para determinação do diâmetro do caule-DC (mm): utilizando-se de um paquímetro digital, mensurado a 2 cm do nível do solo. Os dados coletados foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk. Posteriormente, foi realizada uma análise de variância a um nível de significância de 0,05. Em casos de significância, foram realizadas análises de regressão linear e quadrática, utilizando o software estatístico SISVAR-ESAL (Ferreira, 2019). Para os casos em que houve significância na interação entre os fatores, utilizou-se superfícies de resposta, construídas com o auxílio do software SigmaPlot v.12.5.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve influência significativa entre a condutividade elétrica da água de irrigação e as doses de manureira (CEa x DM) sobre déficit de saturação hídrica, extravasamento de eletrólitos e diâmetro do caule. As doses de manureira e os níveis de condutividade elétrica da água de irrigação influenciaram, de forma isolada, o conteúdo relativo de água (Tabela 1).

O aumento da condutividade elétrica da água de irrigação afetou negativamente o conteúdo relativo de água (CRA) do maracujazeiro-azedo (Figura 1A). O maior valor de CRA (80,82%) foi observado nas plantas irrigadas com água de condutividade elétrica (CEa) de 0,9 dS m⁻¹, enquanto o menor valor estimado (67,58%) foi registrado nas plantas cultivadas sob CEa de 4,5 dS m⁻¹, correspondendo a uma redução de 16,38%. Entretanto, a aplicação de 75% da dose do biofertilizante de manureira como fonte de potássio (Figura 1B) reduziu os efeitos do estresse salino sobre o CRA. Com essa aplicação, obteve-se um maior valor de CRA (75,91%) em comparação com a aplicação de 25% do biofertilizante (74,12%), correspondendo a um aumento de 2,35%.

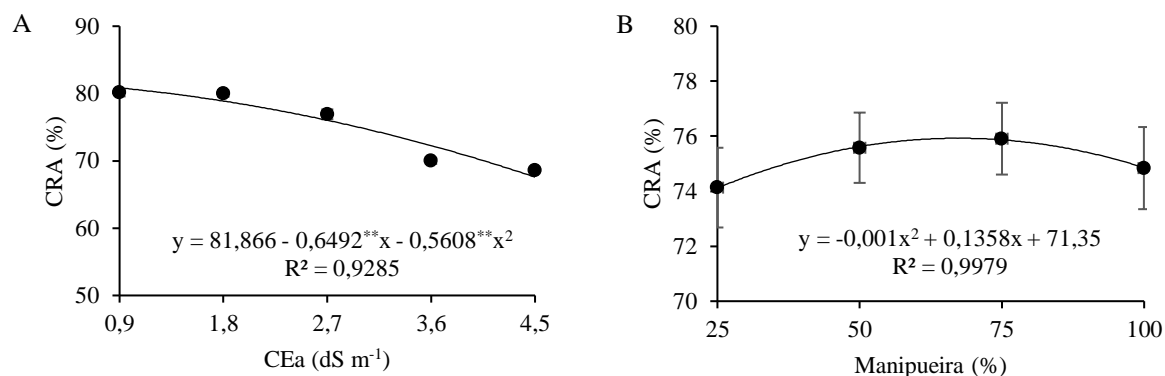
Tabela 1. Resumo da análise de variância referente ao conteúdo relativo de água (CRA), déficit de saturação hídrica (DSH), extravasamento de eletrólitos (EE), diâmetro do caule (DC) do maracujazeiro-azedo irrigado com diferentes níveis de condutividade elétrica da água de irrigação e doses de manipueira, aos 60 dias após o transplântio.

Fonte de variação	GL	Quadrados médios			
		CRA	DSH	EE	DC
Condutividade elétrica da água de irrigação (CEa)	4	363,63**	157,26**	1220,78**	4,04**
Regressão linear	1	1315,72**	561,69**	4165,35**	15,65**
Regressão quadrática	1	34,69*	25,14*	540,03**	0,3605**
Resíduo 1	8	2,00	3,01	1,52	0,44
Doses de manipueira (DM)	3	9,51*	27,18**	130,48**	11,51**
Regressão linear	1	4,5315**	12,39 ^{ns}	16,24**	16,24**
Regressão quadrática	1	23,9313**	22,91**	345,60**	15,61**
Interação (CEa × DM)	12	2,87 ^{ns}	20,88**	23,99**	1,16**
Resíduo 2	32	3,35	4,76	1,53	0,36
CV 1 (%)		1,88	6,47	5,57	6,87
CV 2 (%)		2,44	8,14	5,58	6,23

ns, *, ** respectivamente não significativo, significativo a $p \leq 0,05$ e $p \leq 0,01$. CV: Coeficiente de variação, GL: Grau de liberdade

Os menores valores de CRA foram obtidos nas plantas submetidas a CEa de $3,6 \text{ dS m}^{-1}$ (72,26%) e $4,5 \text{ dS m}^{-1}$ (67,58%), correspondendo a uma redução de 6,47% em relação aos valores iniciais. As baixas reduções do CRA em função do aumento da CEa, ocorreu devido ao aumento no fornecimento de nutrientes através do biofertilizante de manipueira. A redução do teor relativo de água (CRA) é resultado da perda de turgescência dos tecidos vegetais, causada pelo estresse osmótico promovido pela salinidade. Esse estresse dificulta a absorção e translocação de água do solo para a planta, comprometendo o crescimento e o metabolismo vegetal (Skider et al., 2020).

A salinidade da água de irrigação afetou negativamente o déficit de saturação hídrica (DSH), onde a aplicação de 100% de manipueira combinada com uma condutividade elétrica da água de irrigação de $4,5 \text{ dS m}^{-1}$ resultou no maior valor, de 33,45% (Figura 2A). Contudo, a aplicação de 50% da dose de manipueira com uma condutividade elétrica de $0,9 \text{ dS m}^{-1}$ resultou em menor valor (21,96%). Esses resultados indicam que quanto maior a dose de manipueira e maior a salinidade da água de irrigação, maior também é o déficit de saturação hídrica. De acordo com Lima et al. (2019), maiores valores de DSH estão intimamente ligados à menor absorção de nutrientes, que ocorre devido às baixas taxas de transpiração provocadas pelo aumento da resistência estomática em condições de salinidade.

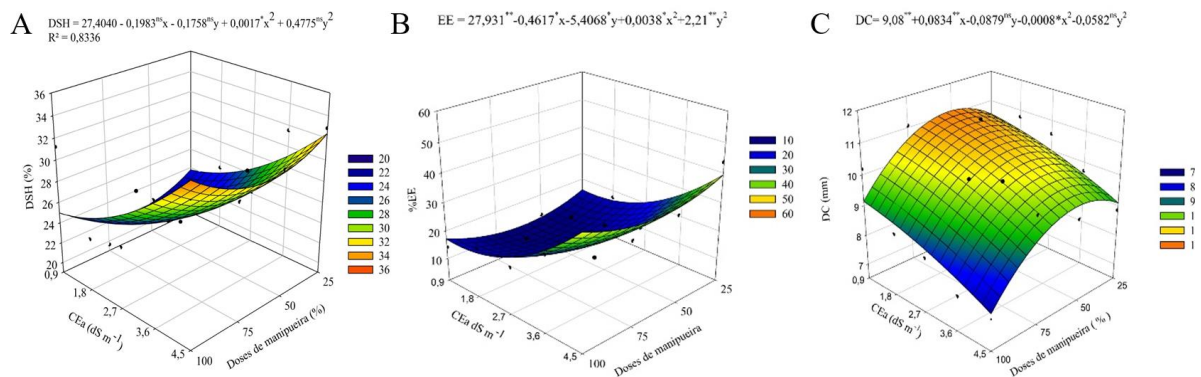


ns, ** respectivamente não significativo, significativo a $p \leq 0,01$.

Figura 1. Conteúdo relativo de água das plantas de maracujazeiro-azedo, em função dos níveis de condutividade elétrica da água de irrigação- CEa (A) e das doses de manipueira (B), aos 60 dias após o transplantio.

O aumento da condutividade elétrica da água de irrigação elevou o extravasamento de eletrólitos no limbo foliar do maracujazeiro azedo (Figura 2B). Entretanto, é possível observar que a aplicação da dose de 50% do biofertilizante de manipueira como fonte de potássio foi capaz de reduzir os efeitos do estresse salino sobre essa variável, obtendo o menor valor de EE (11,27%) nas plantas irrigadas com CEa de 0,9 dS m⁻¹, e maior valor (40,18%) correspondendo uma redução de 71,95% em relação as plantas irrigadas com 4,5 dS m⁻¹ e adubação de 100% de manipueira.

Na Figura 2C constatou-se que o diâmetro do caule, atingiu o maior valor de 11,12 mm, sob aplicação de 50% do biofertilizante de manipueira e irrigação com água de condutividade elétrica de 0,9 dS m⁻¹. Por outro lado, o menor valor foi de 7,84 mm, registrado com a dosagem de 100% de biofertilizante e condutividade elétrica de 4,5 dS m⁻¹. Isso representa uma redução de aproximadamente 29,46% no diâmetro do caule ao comparar o tratamento com menor estresse salino e menor dose de biofertilizante com o tratamento que apresentou maior estresse salino e maior dose de biofertilizante. Redução do diâmetro do caule em melancieiras em resposta ao estresse salino também foi observada por Silva Júnior et al. (2020) em um estudo com mudas de melancia.



X e Y – CEa e doses de manipueira, respectivamente; * e ** Significativo em $p \leq 0,05$ e $\leq 0,01$, respectivamente.

Figura 2. Déficit de saturação hídrica – DHS (A), extravasamento de eletrólitos – % EE (B) e diâmetro do caule – DC (C) do maracujazeiro azedo em função da interação da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa) e das doses de manipueira (DM%), aos 60 dias após o transplantio.

CONCLUSÕES

O aumento da condutividade elétrica da água de irrigação a partir de $0,9 \text{ dS m}^{-1}$ afeta negativamente o conteúdo relativo de água no limbo foliar, o diâmetro do caule e eleva o déficit de saturação hídrica no maracujazeiro-azedo (*Passiflora edulis Sims*). A aplicação de 50% da dose de biofertilizante de manipueira como fonte de potássio, mitiga parcialmente esses efeitos, promovendo maior crescimento e conteúdo relativo de água nos tecidos vegetais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

COSTA, A. F. S., COSTA, A. N., VENTURA, J. A., FANTON, C. J., LIMA, I. D. M., CAETANO, L. C. S., & SANTANA, E. N. **Recomendações Técnicas Para o Cultivo do Maracujazeiro**. Vitória, ES: Incaper. 2008.

FERREIRA, D. F. SISVAR: Um sistema de análise computacional para delineamentos de parcelas subdivididas de efeitos fixos. **Revista Brasileira de Biometria**, v. 37, n. 4, p. 529-535, 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Maracujá. 2023. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/maracuja/br>. Acesso em: 29 abr. 2025.

LIMA, G. S. de; GHEYI, H. R.; NOBRE, R. G.; SOARES, L. A. A.; XAVIER, D. A.; SANTOS JUNIOR, J. A. Relações hídricas e trocas gasosas em mamona irrigada com águas salina de natureza catiônica distinta. **African Journal of Agricultural Research**, v. 10, n. 13, p. 1581-1594, 2015.

MEDEIROS, J. F. **Qualidade da água de irrigação e evolução da salinidade nas propriedades assistidas pelo "GAT" nos Estados do RN, PB e CE. 1992.** 196 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande. 1992.

SALES, J. R. D. S.; MAGALHÃES, C. L.; FREITAS, A. G.; GOES, G. F.; SOUSA, H. C. D.; SOUSA, G. G. D. Physiological indices of okra under organomineral fertilization and irrigated with salt water. **Brazilian Journal of Agricultural and Environmental Engineering**, v. 25, p. 466-471, 2021.

SCOTTI-CAMPOS, P.; PHAM-THI, ANH-THU; SEMEDO, J. N.; PAIS, I. P.; RAMALHO, J. C.; MATOS, M. C. Respostas fisiológicas e integridade da membrana em três genótipos de Vigna com tolerância contrastante à seca. **Emirates Journal of Food and Agriculture**, v. 25, p. 1002-1013, 2013.

SEKHON, K. S.; KAUR, A.; THAMAN, S.; SIDHU, A. S.; GARG, N.; CHOUDHARY, O. P.; CHAWLA, N. Efeitos da qualidade da água de irrigação e da cobertura morta no rendimento de tubérculos e nas propriedades do solo em batata (*Solanum tuberosum* L.) em condições semiáridas do Punjab indiano. **Field Crops Research**, v. 247, n. 1, p.1-11, 2020.

SILVA JÚNIOR, F. B.; SOUSA, G. G.; SOUSA, J. T. M.; LESSA, C. I. N.; SILVA, F. D. B. Estresse salino e ambiência na produção de mudas de melancia. **Revista Caatinga**, v. 33, p. 518-528, 2020.

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. **Manual de métodos de análise de solo** (3.ed.). Brasília: Embrapa Solos. (2017).

WEATHERLEY, P. E. Estudos nas relações hídricas do algodoeiro. I. **A medição em campo dos déficits hídricos nas folhas**. *Novo Fitol.* 1950, 49, 81–97.