

TEORES DE PIGMENTOS FOTOSSINTÉTICOS EM MARACUJAZEIRO-AZEDO IRRIGADO COM ÁGUAS SALOBRAS E ADUBAÇÃO COM BIOFERTILIZANTE DE MANIPUEIRA

Vera Lucia Antunes de Lima¹, Thaimara Ramos Angelino de Souza², Thais Aparecida Rocha³ da Costa, Maria sallydelândia de Farias Araújo⁴, Geovani Soares de Lima⁵, Nadiana Praça de Souza⁶

RESUMO: O maracujazeiro-azedo tem grande importância socioeconômica no Nordeste brasileiro. No entanto, a produção dessa frutífera enfrenta desafios devido as condições edofoclimáticas da região que contribui para o incremento da concentração de sais nos mananciais. Diante disso, objetivou-se com este estudo avaliar os efeitos da adubação com o uso de biofertilizantes de manipueira em plantas de maracujazeiro-azedo cultivado sob irrigação com águas salobras. O experimento foi conduzido em casa de vegetação na UFCG, em Campina Grande, PB. Utilizou-se um delineamento inteiramente casualizado, em esquema de parcelas subdivididas, com 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 quatro doses de manipueira - DM (25; 50; 75; 100% da recomendação de potássio – K₂O), com três repetições. Avaliaram-se os teores de pigmentos fotossintéticos: clorofila a, b, total e carotenoides, aos 60 dias do transplantio. A salinidade da água a partir de 0,9 dS m⁻¹ inibiu a síntese de pigmentos fotossintéticos do maracujazeiro-azedo, aos 60 dias após o transplantio. Entretanto, a adubação com dose de 75% de manipueira amenizou os efeitos do estresse salino sobre a clorofila a e total do maracujazeiro-azedo. A adubação com manipueira estimulou a síntese de carotenoides em plantas de maracujazeiro-azedo, aos 60 dias após a semeadura.

PALAVRAS-CHAVE: *Passiflora edulis Sims*, estresse salino, efluente orgânico.

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

⁶ Mestrandas em Irrigação e Drenagem, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola - PPGEA, UFCG, Campina Grande, PB.

PHOTOSYNTHETIC PIGMENT CONTENT IN BITTER PASSION FRUIT IRRIGATED WITH SALINE WATER AND CASSAVA WASTEWATER BIOFERTILIZER

ABSTRACT: The sour passion fruit plant holds great socio-economic importance in the Brazilian Northeast. However, the production of this fruit crop faces challenges due to the edaphoclimatic conditions of the region, which contribute to the increase in salt concentrations in water sources. In this context, the objective of this study was to evaluate the effects of fertilization using cassava wastewater-based biofertilizers on sour passion fruit plants grown under irrigation with saline water. The experiment was conducted in a greenhouse at UFCG, in Campina Grande, PB, Brazil. A completely randomized design was used, arranged in a split-plot scheme, with five levels of irrigation water electrical conductivity (EC_w: 0.9, 1.8, 2.7, 3.6, and 4.5 dS m⁻¹) and four doses of cassava wastewater (manipueira) – DM (25, 50, 75, and 100% of the recommended potassium dose – K₂O), with three replications. The contents of photosynthetic pigments – chlorophyll a, b, total, and carotenoids – were evaluated 60 days after transplanting. Water salinity starting at 0.9 dS m⁻¹ inhibited the synthesis of photosynthetic pigments in sour passion fruit plants at 60 days after transplanting. However, fertilization with a 75% dose of manipueira mitigated the effects of salt stress on chlorophyll a and total chlorophyll in sour passion fruit. Fertilization with manipueira stimulated carotenoid synthesis in sour passion fruit plants at 60 days after sowing.

KEYWORDS: *Passiflora edulis Sims*, saline stress, organic effluent.

INTRODUÇÃO

O maracujazeiro-azedo é uma frutífera originada da América tropical, pertence à família Passifloraceae de grande importância na agricultura brasileira, especialmente no Nordeste, onde é extensivamente cultivada. Com mais de 150 espécies nativas no Brasil, o país é o maior produtor e consumidor mundial de maracujá, que também é cultivada em países, como Colômbia e Peru (Faleiro e Junqueira, 2016). Como principal produtor e consumidor mundial de maracujá, o Brasil produziu cerca de 683.993 toneladas da espécie *Passiflora edulis Sims* em 2021, sendo responsável por 90% da produção nacional (Santos et al., 2021).

De acordo com os dados do IBGE (2022) a região de maior produção do país é a Nordeste, com produtividade anual de 486.893 toneladas, representando 69,8% da produção nacional; no

entanto, quando se trata do rendimento médio ($t\ ha^{-1}$) a região ocupa o penúltimo lugar, ficando acima apenas da região Norte. No Nordeste se destacam os estados da Bahia e do Ceará devido à alta produção. A Paraíba ocupa o 14° lugar, com uma produção de 10.327 t.

Apesar de sua relevância econômica, a produção de maracujá enfrenta desafios no Semiárido, sendo o estresse salino um dos principais fatores limitantes para produção nesta região. Na região Nordeste, devido à grande variabilidade temporal e espacial das precipitações, juntamente com a elevada evapotranspiração e os solos jovens de baixa capacidade de armazenamento de água, tornando-se necessária o uso da irrigação com águas de elevadas concentrações de sais solúveis, que promove efeitos osmóticos e iônicos e por conseguinte, alterações fisiológicas que compromete a síntese de pigmentos fotossintéticos das plantas (Andrade et al., 2019).

Dentre as alternativas para mitigação dos efeitos do estresse salino nas plantas destaca-se a adubação com manipueira. A manipueira, é um subproduto do beneficiamento das raízes da mandioca, rica em nutrientes essenciais, incluindo potássio, nitrogênio, fósforo, cálcio, magnésio, enxofre, ferro e micronutrientes (Araújo et al., 2012). Neste contexto, objetivou-se com este estudo avaliar o efeito da aplicação de doses de biofertilizante de manipueira como fonte de potássio na mitigação dos efeitos do estresse salino sobre a síntese de pigmentos fotossintéticos do maracujazeiro-azedo.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada na Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola, da Universidade Federal de Campina Grande (CTRN/UFPG), em Campina Grande, Paraíba, Brasil. As plantas avaliadas foram distribuídas em delineamento inteiramente casualizado, em esquema de parcelas subdivididas, as parcelas foram 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 manipueira - DM% (25, 50, 75 e 100%) da recomendação de potássio. Foram utilizadas três repetições, com uma planta por parcela.

As mudas foram produzidas de forma sexuada durante um período de 70 dias. Após esse período, decorreu o transplante para vasos plásticos. Para condução do experimento foram usados vasos plásticos adaptados como lisímetros de drenagem, com capacidade para 200 L, 70 cm de altura, diâmetro do fundo de 57 cm, abertura superior de 57 cm, preenchidos com uma camada de 0,5 kg de brita 0, seguida de 230 kg de solo classificado como *Neossolo Regolítico*,

de textura franco-arenosa, na profundidade de 0-30 cm, 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⁺, Al³⁺ + H⁺ 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, extraída de Richards (1954).

O volume de manipueira 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 manipueira (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 transplântio das mudas, foram quantificados os teores de pigmentos fotossintéticos (clorofila a, b, clorofila total e carotenoides), seguindo o método descrito por Arnon (1949). Para isso, foram obtidos extratos vegetais a partir de amostras de discos do limbo da terceira folha madura, colhidos a partir do ápice. Cada amostra foi processada com 8,0 mL de acetona P.A a 80%. As concentrações de clorofila e carotenoides nos extratos foram determinadas utilizando um espectrofotômetro com leituras de absorvância (ABS) a 470, 647 e 663 nm, e os resultados foram expressos em µg mL⁻¹ de matéria fresca a partir Clorofila a (Cl a) = 12,21 ABS₆₆₃ – 2,81 ABS₆₄₆; Clorofila b (Cl b) = 20,13 ABS₆₄₆ – 5,03 ABS₆₆₃; Carotenóides totais (Car) = (1000 ABS₄₇₀ – 1,82 Cl a – 85,02 Cl b) /198.

Os dados coletados foram submetidos ao teste de normalidade (Shapiro-Wilk) a um nível de significância de 0,05. 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).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A interação entre a condutividade elétrica da água de irrigação e as doses de manureira (CEa × DM) influenciou de forma significativa ($p \leq 0,01$) os teores de clorofila a (Cl a), b e clorofila total (Cl total) do maracujazeiro-azedo. Os níveis de condutividade elétrica da água de irrigação e as doses de manureira, de forma isolada, influenciaram ($p \leq 0,01$) os teores de carotenoides (Tabela 1).

Tabela 1. Resumo da análise de variância referente à clorofila a (Cl a), clorofila b (Cl b), clorofila total e carotenoides (Car) do maracujazeiro-azedo irrigado com diferentes níveis de condutividade elétrica da água de

Fonte de variação	GL	Quadrados médios			
		Cl a	Cl b	Cl total	Car
Condutividade elétrica da água de irrigação (CEa)	4	32269,20**	150,13**	33110,53**	10420,86**
Regressão linear	1	104967,63**	573,04**	105942,22**	40234,50**
Regressão quadrática	1	21133,72**	0,96 ^{ns}	23331,64**	1026,04**
Resíduo 1	8	623,80	1,23	188,43	7,69
Doses de manureira (DM)	3	22662,87**	588,37**	29001,42**	210,63**
Regressão linear	1	30529,08**	967,01**	44001,64**	346,77**
Regressão quadrática	1	21439,60**	457,01**	25314,63**	207,31**
Interação (CEa × DM)	12	1626,23**	27,58**	1814,44*	10,16 ^{ns}
Resíduo 2	32	673,96	7,86	558,49	6,53
CV 1 (%)		5,81	1,17	2,63	1,66
CV 2 (%)		6,04	2,94	4,52	1,53

irrigação e doses de manureira, aos 60 dias após o transplante.

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

A aplicação de 75% do biofertilizante de manureira como fonte de potássio foi capaz de reduzir os efeitos do estresse salino sobre a clorofila a (Figura 1A) e clorofila t (Figura 1B), obtendo maior valor de Cl a ($499,31 \mu\text{g mL}^{-1}$) e de Cl t ($596,00 \mu\text{g mL}^{-1}$) nas plantas irrigadas com CEa de $1,8 \text{ dS m}^{-1}$. Verifica-se ainda que aplicação de 25% da dose manureira intensificou os efeitos do estresse salino, registrando o menor valor de Cl a ($299,02 \mu\text{g mL}^{-1}$) e Cl total ($382,49 \mu\text{g mL}^{-1}$) nas plantas irrigadas com CEa de $4,5 \text{ dS m}^{-1}$.

Verifica-se ainda que aplicação de 25% da dose manureira intensificou os efeitos do estresse salino, registrando o menor valor de Cl a ($299,02 \mu\text{g mL}^{-1}$) e Cl total ($382,49 \mu\text{g mL}^{-1}$) nas plantas irrigadas com CEa de $4,5 \text{ dS m}^{-1}$. O efeito benéfico da aplicação de manureira como fonte de potássio na dose de 75%, pode estar relacionado ao fato do potássio desempenhar

funções fisiológicas no metabolismo desempenhando um papel fundamental na ativação de mais de 60 sistemas enzimáticos, influenciando diretamente na atividade fotossintética das plantas (Meurere et al., 2018).

O aumento da condutividade elétrica da água de irrigação afetou negativamente a síntese de clorofila b (Figura 1C) do maracujazeiro-azedo. Entretanto, é possível observar que a aplicação de 75% do biofertilizante de manipueira como fonte de potássio foi capaz de reduzir os efeitos do estresse salino sobre a clorofila b, obtendo maior valor ($105,98 \mu\text{g mL}^{-1}$) nas plantas irrigadas com CEa de $0,9 \text{ dS m}^{-1}$, correspondendo aumento de 0,23% ($481,69 \mu\text{g mL}^{-1}$) em relação as plantas irrigadas com o mesmo nível salino ($0,9 \text{ dS m}^{-1}$) e submetida a adubação com 100% de manipueira. E com o menor valor quando irrigadas com CEa de $4,5 \text{ dS m}^{-1}$ e adubadas com a menor concentração de biofertilizante de manipueira, correspondendo a ($82,72 \mu\text{g mL}^{-1}$).

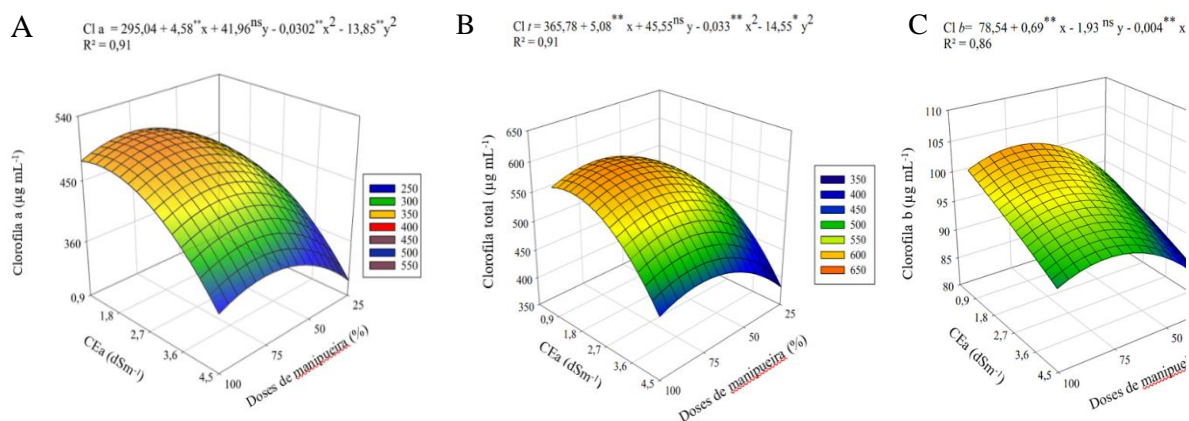


Figura 1. Teores de clorofila a – Cl a (A), clorofila total – Cl t (B), Cl b (C) do maracujazeiro-azedo, em função da interação da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa) e das doses de manipueira (DM%), aos 60 dias após o transplante.

Os teores de carotenoides foram significativamente afetados pelo aumento da condutividade elétrica da água de irrigação (Figura 2A). Verifica-se que, o aumento da CEa de $0,9 \text{ dS m}^{-1}$ ($209,08 \mu\text{g mL}^{-1}$) para $4,5 \text{ dS m}^{-1}$ ($135,84 \mu\text{g mL}^{-1}$) ocorreu uma diminuição significativa nos teores de carotenoides (Figura 2A), representando uma redução de 35,03%.

Inibição na síntese de carotenoides foram observadas por Ramos et al. (2022) ao avaliarem os pigmentos fotossintéticos do maracujazeiro-azedo irrigado com água salina (CEa variando de $0,6$ a $3,0 \text{ dS m}^{-1}$). Os teores de carotenoides também foram influenciados pelas doses de manipueira (Figura 2B), obtendo-se um aumento de 4,63% nos teores de carotenoides quando a dose de manipueira aumentou de 25% ($162,41 \mu\text{g mL}^{-1}$) para 75% ($170,27 \mu\text{g mL}^{-1}$).

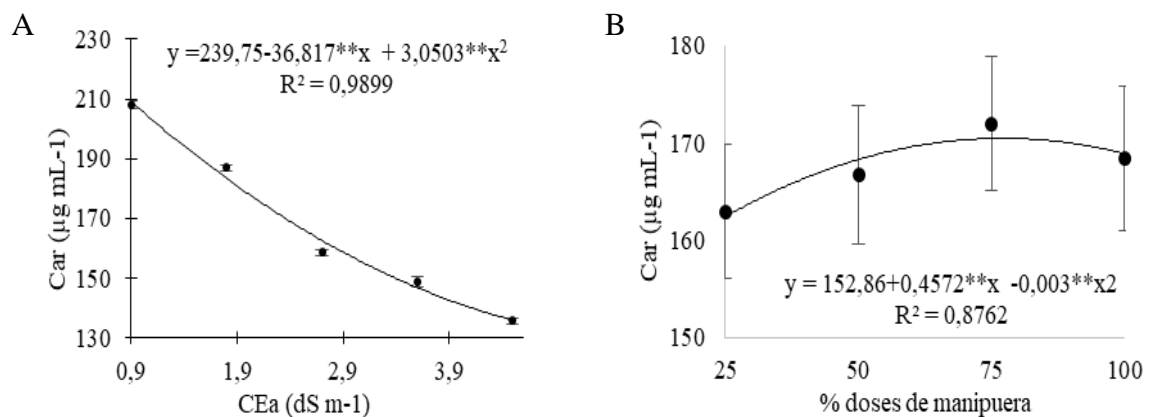


Figura 2. Teores de carotenoides - Car das plantas de maracujazeiro-azedo, em função dos níveis de condutividade elétrica da água de irrigação- CEa (A) e das doses de manipueira (B), aos 60 dias após o transplantio.

CONCLUSÕES

A condutividade elétrica da água de irrigação a partir de $0,9 \text{ dS m}^{-1}$ reduz a síntese de pigmentos fotossintéticos do maracujazeiro-azedo (*Passiflora edulis Sims*). A adubação com manipueira em dose de 75% da recomendação de K_2O mitigou os efeitos do estresse salino sobre a síntese de clorofila.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, E. M. G.; LIMA, G. S. D.; LIMA, V. L. A. D.; SILVA, S. S. D.; GHEYI, H. R.; ARAÚJO, A. C.; SOARES, L. **Produção e qualidade pós-colheita de maracujá-amarelo cultivado com água salina e peróxido de hidrogênio.** AIMS Agriculture & Food, v. 4, n. 4, 2019.
- ARAÚJO, N. C.; COSTA, T. F.; OLIVEIRA, S. J. C.; GONÇALVES, C. P.; ARAÚJO, F. A. C. Avaliação do uso de efluente de casas de farinha como fertilizante foliar na cultura do milho (*Zea mays L.*). **Revista Engenharia na Agricultura**, v. 20, n. 4, p. 340-349, 2012.
- ARNON, Daniel I. Enzimas de cobre em cloroplastos isolados. Polifenoloxidase em *Beta vulgaris*. **Plant physiology**, v. 24, n. 1, p. 1, 1949.

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.

FALEIRO, F. G., & JUNQUEIRA, N. T. V. (Eds.). (2016). **Maracujá: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília, DF: Embrapa.

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.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2023). **IBGE atualiza recortes geográficos de referência para divulgação dos resultados do Censo de 2022**. Editora Geociências. Recuperado de <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/37430-ibge-atualiza-recortes-geograficos-de-referencia-para-divulgacao-dos-resultados-do-censo-2022>.

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.

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

MEURER, E. J.; TIECHER, T.; MATTIELLO, L. POTÁSSIO. IN: FERNANDES, M. S.; SOUZA, S. R.; SANTOS, L. A. (EDS). **Nutrição mineral de plantas**. 2.ed. Viçosa: SBCS, 2018. Cap.12. p.429-464.

RAMOS, J. G.; LIMA, V. L. A. DE; LIMA, G. S. DE; NUNES, K. G.; PEREIRA, M. O.; PAIVA, F. J. S. Produção e qualidade pós-colheita do maracujazeiro-azedo irrigado com águas salinas e aplicação exógena de H₂O₂. **Revista IRRIGA (Brazilian Journal of Irrigation & Drainage)**, v. 27, n. 3, 2022. Richards, L. A. (1954). Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Washington: U. S. Department of Agriculture.

RICHARDS, L. A. **Diagnosis and improvement of saline and alkail soils**. Washington: U. S, Department of Agriculture. 160p. 1954.

SANTOS, R. T. S., BIASOTO, A. C. T., RYBKA, A. C. P., CASTRO, C. D. C., AIDAR, S. D. T., BORGES, G. S. C., & SILVA, F. L. H. **Physicochemical characterization, bioactive**

compounds, in vitro antioxidant activity, sensory profile and consumer acceptability of fermented alcoholic beverage obtained from Caatinga passion fruit (*Passiflora cincinnata* Mast.). Lwt, v. 148, p. 111714, 2021.