



EFICIÊNCIA FOTOQUÍMICA DO MARACUJAZEIRO SOB ESTRESSE SALINO E APLICAÇÃO DE BIOFERTILIZANTE DE MANIPUEIRA

Jailton Garcia Ramos¹, Vera Lucia Antunes de Lima², Thaimara Ramos Angelino de Souza³, André Alisson Rodrigues da Silva⁴, Maria Sallydelândia Sobral de Farias⁵, Giovanna Ellen Soares Correia⁶

RESUMO: A manipueira é o resíduo líquido do processamento da mandioca, que pode ser utilizado como biofertilizante e aplicado no cultivo agrícola, apresentando uma boa alternativa como fonte de nutrientes para as plantas, podendo amenizar os efeitos deletérios da salinidade. Neste contexto, objetivou-se com o presente 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 fluorescência da clorofila a do maracujazeiro-azedo. A pesquisa foi conduzida em casa de vegetação, no 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) considerados as parcelas e quatro doses de manipueira – DM% (50, 75, 100 e 125% da recomendação de potássio), as subparcelas, com três repetições. A fluorescência da clorofila a do maracujazeiro-azedo é afeta negativamente pelo aumento da condutividade elétrica da água de irrigação, aos 120 dias após o transplântio. Entretanto, a irrigação com CEa até 2,3 dS m⁻¹ o rendimento quântico do fotossistema II (Fv/Fm).

PALAVRAS-CHAVE: *Passiflora edulis f. flavicarpa* Deneger, água salina, adubação orgânica.

PHOTOCHEMICAL EFFICIENCY OF PASSION FRUIT UNDER SALINE STRESS AND APPLICATION OF MANIPUEIRA BIOFERTILIZER

¹ Pesquisador, CNPq/UFCG, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola – PPGEA, CEP: 58429-900, Campina Grande, PB. Fone: (83) 99660-4418, e-mail: jailtonbiosistemas@gmail.com

² Profa. Doutora, 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 Pesquisador, CNPq/UFCG, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola - PPGEA, UFCG, Campina Grande, PB

⁵ Profa. Doutora, Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola - UA EA, UFCG, Campina Grande, PB

⁶ Graduanda em Engenharia Agrícola, Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola, UFCG, Campina Grande, PB

ABSTRACT: Manipueira is the liquid residue of cassava processing, which can be used as a biofertilizer and applied in agricultural cultivation, presenting a good alternative as a source of nutrients for plants, which can mitigate the deleterious effects of salinity. In this context, the objective of the present study was to evaluate the effect of applying doses of manipueira biofertilizer as a source of potassium in mitigating the effects of salt stress on the fluorescence of chlorophyll a in sour passion fruit. The research was carried out in a greenhouse, in a completely randomized design in a split-plot scheme, with five levels of electrical conductivity of irrigation water - EC_w (0.9, 1.8, 2.7, 3.6 and 4.5 dS m⁻¹) considering the plots and four doses of manipueira – DM% (50, 75, 100 and 125% of the potassium recommendation), the subplots, with three replications. The fluorescence of chlorophyll a from sour passion fruit is negatively affected by the increase in electrical conductivity of irrigation water, 120 days after transplanting. However, irrigation with EC_w up to 2.3 dS m⁻¹ reduced photosystem II quantum yield (F_v/F_m).

KEYWORDS: *Passiflora edulis f. flavicarpa* Deneger, salinity, organic fertilization.

INTRODUÇÃO

O maracujazeiro-azedo (*Passiflora edulis Sims*) se destaca como uma das principais espécies frutíferas, devido ao elevado valor nutritivo e excelentes características organolépticas e pelo seu potencial econômico como fruto in natura ou na agroindústria, sendo utilizados na elaboração de bebidas carbonatadas e mistas, xaropes, geleias, laticínios, sorvetes e alimentos enlatados (SANTOS et al., 2017).

Apesar da região semiárida do Nordeste brasileiro possuir potencial para a exploração desta fruteira a ocorrência de altas temperaturas, baixa pluviosidade e altas taxas de evapotranspiração durante a maior parte do ano têm limitado a expansão da agricultura irrigada (NOBRE et al., 2012). Nessa região, é comum fontes hídricas com elevadas concentrações de sais, destacando-se como um dos estresses abióticos que promove alterações osmóticas e iônicas nas plantas quando utilizadas na irrigação dos pomares (LIMA et al., 2022).

A manipueira é um biofertilizante orgânico oriundo do beneficiamento da mandioca, rico em potássio, nutriente essencial para o ajuste osmótico das plantas. Nesse sentido, objetivou-se com o presente estudo, avaliar a aplicação de doses de biofertilizante de manipueira como atenuante do estresse salino sobre a eficiência fotoquímica do maracujazeiro-azedo.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido entre os meses de outubro de 2022 e fevereiro de 2023 em casa de vegetação, pertencente à Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola - UAEEA da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, em Campina Grande, Paraíba, nas coordenadas geográficas 7°15'18'' de latitude Sul, 35°52'28'' de longitude Oeste e altitude média de 550 m. Os dados de temperatura (máxima e mínima) e umidade relativa média do ar do local do experimento estão dispostos na Figura 1.

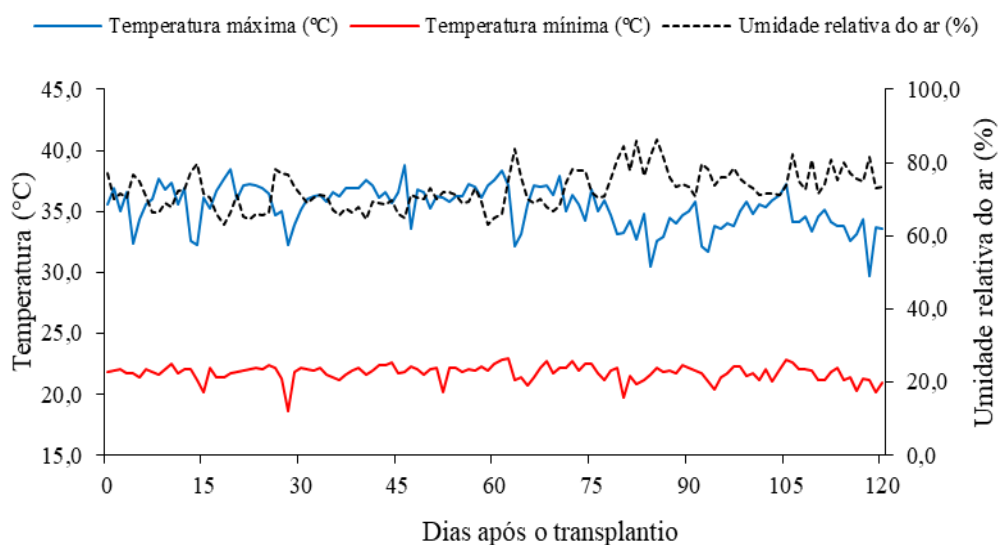


Figura 1. Temperatura máxima, média e mínima e, umidade relativa média do ar observada na área interna da casa de vegetação durante a condução do experimento.

A pesquisa foi conduzida em 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) considerados as parcelas e quatro doses de manureira – DM% (50, 75, 100 e 125% da recomendação de potássio), as subparcelas, com três repetições e uma planta por parcela.

As mudas foram propagadas de forma sexuada e o período de formação foi de 70 dias. Após esse período foi realizado o transplante para vasos plásticos. Para condução do experimento foram usados vasos plásticos adaptados como lisímetros de drenagem, com capacidade de 200 L, preenchidos com uma camada de 1,0 kg de brita seguido de 230 kg de solo classificado como Neossolo Regolítico (Entisol), coletado na profundidade de 0-30 cm, procedente do município de Riachão do Bacamarte - PB, cujas as características físico-químicas foram determinadas de acordo com Teixeira et al. (2017): Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, K⁺, Al³⁺ + H⁺ trocáveis = 2,60; 3,66; 0,16; 0,22 e 1,93 cmolc kg⁻¹, respectivamente; pH (água: solo, 1:2,5) =

5,9; CEes = 1,0 dS m⁻¹ ; matéria orgânica = 1,36 dag kg⁻¹; P = 6,80 mg kg⁻¹; areia, silte e argila = 732,9, 142,1, e 125,0 g kg⁻¹, respectivamente; densidade aparente = 1,39 kg dm⁻³; umidade a 33,42 e 1519,5 kPa = 11,98 e 4,32 dag kg⁻¹, respectivamente.

As águas de irrigação com diferentes níveis de condutividade elétrica foram preparadas dissolvendo-se os sais de NaCl, CaCl₂.2H₂O e MgCl₂.6H₂O, na proporção equivalente de 7:2:1, 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 a concentração de sais (RICHARDS, 1954).

As adubações com nitrogênio, fósforo e potássio serão baseadas na metodologia proposta por Costa & Silva (2008) para a cultura do maracujazeiro. O volume de manipueira foi aplicado de acordo com análise da concentração de potássio (1,41 g por litro), a ureia foi aplicada como fonte de nitrogênio e o superfosfato simples como fonte de fósforo.

Aos 120 dias após o transplântio das mudas foi avaliada a fluorescência da clorofila, na terceira folha, contada a partir do ápice do ramo principal da planta, as 08:00 horas, utilizando-se um fluorímetro de pulso modulado modelo OS5p da Opti Science; utilizando-se o protocolo Fv/Fm para determinação das variáveis: fluorescência inicial (F0), máxima (Fm), variável (Fv = Fm - F0) e eficiência quântica do fotossistema II (Fv/Fm).

Tal protocolo foi realizado após adaptação das folhas ao escuro por um período de 30 min, usando-se um clipe do equipamento, de modo a garantir que todos os aceptores estivessem oxidados, ou seja, com os centros de reação abertos (SÁ et al., 2015).

Os dados coletados, foram submetidos ao teste de normalidade da distribuição (teste de Shapiro-Wilk) ao nível de 0,05 de probabilidade. Subsequente foi realizada análise de variância ao nível de 0,05 de probabilidade, e nos casos de significância, realizou-se análise de regressão linear e quadrática, utilizando-se o software estatístico SISVAR-ESAL (FERREIRA, 2019).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As variáveis de fluorescência foram influenciadas de forma significativa ($p \leq 0,01$) pelos níveis de condutividade elétrica da água de irrigação. Contudo, as doses de manipueira e a interação entre os fatores não afetaram de forma significativa nenhuma das variáveis mensuradas do maracujazeiro-azedo, aos 120 dias após a transplântio (Tabela 1).

Tabela 1. Resumo da análise de variância referente à clorofila a (Cl a), clorofila b (Cl b), clorofila total (Cl total) e carotenoides (Car) do maracujazeiro irrigado com diferentes níveis de condutividade elétrica da água de irrigação e dose de manipueira, aos 120 dias após o transplantio.

Fonte de variação	GL	Quadrados médios			
		F ₀	F _m	F _v	F _v /F _m
Condutividade elétrica da água de irrigação (CEa)	4	3981,23**	120560,85**	182939,77**	0,006**
Regressão linear	1	1587,00**	47270,21**	72199,53**	0,023**
Regressão quadrática	1	54,85 ^{ns}	2941,72 ^{ns}	2468,67 ^{ns}	0,001 ^{ns}
Resíduo 1	8	91,65	20781,50	23766,24	0,0004
Doses de manipueira (DM)	3	78,86 ^{ns}	6650,60 ^{ns}	6837,17 ^{ns}	0,0002 ^{ns}
Interação (CEa× DM)	12	57,33 ^{ns}	3763,25 ^{ns}	4501,81 ^{ns}	0,0001 ^{ns}
Resíduo 2	32	209,23	41204,07	45247,04	0,0007
CV 1 (%)		1,43	6,61	9,48	2,72
CV 2 (%)		2,16	9,31	13,08	3,67

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

O aumento da condutividade elétrica da água de irrigação proporcionou efeito linear crescente na fluorescência inicial do maracujazeiro-azedo (Figura 2A), com incremento de 2,31% por acréscimo unitário da CEa. As plantas irrigadas com CEa de 4,5 dS m⁻¹ tiveram aumento de 8,16% (55,41), em relação as cultivadas com CEa de 0,9 dS m⁻¹. Por se tratar do ponto inicial para o funcionamento do fotossistema, aumento na F₀ resulta no menor aproveitamento da energia fotoquímica nos centros de reação do fotossistema II, servindo assim como sinalizador dos efeitos do estresse salino (KALAJI et al., 2018).

Diferente do efeito observado na fluorescência inicial (Figura 2A), à fluorescência máxima foi reduzida com incremento da condutividade elétrica da água de irrigação (Figura 2B). As plantas irrigadas com CEa de 4,5 dS m⁻¹ tiveram redução de 10,88% (245,91), em relação as cultivadas com CEa de 0,9 dS m⁻¹. Efeito que reflete o desaceleramento da atividade fotossintética, reduzindo a captação de energia para evitar excitação excessiva de elétrons, os quais são precursores na formação de espécies reativas de oxigênio (MANAA et al., 2019).

A fluorescência variável (Figura 2C) do maracujazeiro-azedo diminuiu com o aumento da condutividade elétrica da água de irrigação. As plantas irrigadas com CEa de 0,9 dS m⁻¹ tiveram fluorescência variável de 1582,51, enquanto o menor valor (1287,35) foi obtido sob CEa de 4,5 dS m⁻¹, ou seja, houve uma redução de 295,16 (18,65%) sob o maior nível de salinidade (4,5 dS m⁻¹). Demonstrando assim o menor aproveitamento da energia potencial ativa do PSII, a qual seria destinada a produção de ATP e NADPH, essenciais ao ciclo de Calvin na etapa bioquímica da fotossíntese (YANG et al., 2022).

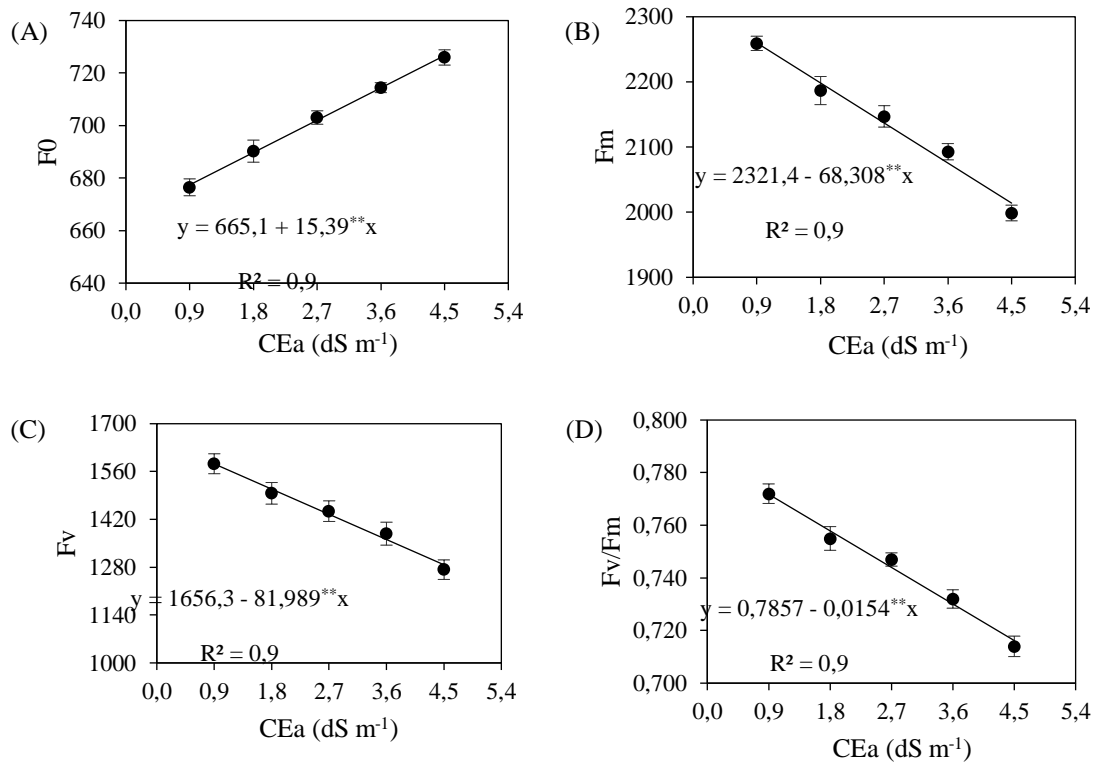


Figura 2. Fluorescência inicial - F0 (A), fluorescência máxima - Fm (B), fluorescência variável - Fv (C) e eficiência quântica do fotossistema II - Fv/Fm (D) do maracujazeiro em função dos níveis de condutividade elétrica da água de irrigação, aos 120 dias após o transplântio. ** Significativo a $p \leq 0,01$. As linhas verticais representam a média do erro padrão ($n=3$).

Para o rendimento quântico do fotossistema II (Fv/Fm) do maracujazeiro-azedo (Figura 2D), observa-se diminuição linear de 1,96% por incremento unitário da CEa. Ao comparar a Fv/Fm das plantas submetidas a salinidade da água de 4,5 dS m^{-1} em relação as irrigadas com CEa de 0,9 dS m^{-1} , verifica-se redução de 7,25% (0,056). Tal situação demonstra a menor atividade da P680 em condições de estresse salino, a qual pode estar associada a atividade da enzima clorofilase, que reduz os teores de clorofila e, conseqüentemente, afeta a captação e o transporte energético entre os centros de reação a plastoquinona livre (ÇIÇEK et al., 2018).

CONCLUSÕES

A fluorescência da clorofila a do maracujazeiro-azedo é afeta negativamente pelo aumento da condutividade elétrica da água de irrigação, aos 120 dias após o transplântio. Entretanto, a irrigação com CEa até 2,3 dS m^{-1} o rendimento quântico do fotossistema II (Fv/Fm).

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq pela concessão de bolsa de PDJ ao primeiro autor e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande – PPGEA/UFCG.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s11120-017-0463-y>>.

COSTA, A. F. S.; COSTA, A. N.; VENTURA, J. A.; FANTON, C. J.; LIMA, I. DE M.; CAETANO, L. C. S.; SANTANA, E. N. **Recomendações técnicas para o cultivo do maracujazeiro**. Vitória, ES: Incaper, 2008. 56p.

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. Disponível em: <<https://doi.org/10.28951/rbb.v37i4.450>>.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Brazilian Production of Passion Fruit**; IBGE: Rio de Janeiro, Brazil, 2021.

KALAJI, H. M.; RAČKOVÁ, L.; PAGANOVÁ, V.; SWOCZYNA, T.; RUSINOWSKI, S.; SITKO, K. Can chlorophyll-a fluorescence parameters be used as bio-indicators to distinguish between drought and salinity stress in *Tilia cordata* Mill?. **Environmental and Experimental Botany**, v. 152, n. 1, p. 149-157, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2017.11.001>>.

LIMA, G. S. DE; PINHEIRO, F. W. A.; GHEYI, H. R.; SOARES, L. A. DOS A.; SOARES, M. D. M.; SILVA, F. A.; LIMA, V. L. A. Postharvest quality of sour passion fruit under irrigation strategies with brackish water and potassium application in two crop cycles. **Water, Air, & Soil Pollution**, v. 233, n. 1, e452, 2022. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s11270-022-05922-0>>.

MANAA, A.; GOUSSI, R.; DERBALI, W.; CANTAMESSA, S.; ABDELLY, C.; BARBATO, R. Salinity tolerance of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) as assessed by chloroplast ultrastructure and photosynthetic performance. **Environmental and Experimental Botany**, v. 162, n. 1, p. 103-114, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2019.02.012>>.

MEDEIROS, J. F. DE. **Qualidade de água de irrigação e evolução da salinidade nas propriedades assistidas pelo GAT nos Estados de RN, PB e CE.** (Dissertação Mestrado). Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, 173p. 1992.

NOBRE, R. G.; LIMA, G. S. DE; GHEYI, H. R.; MEDEIROS, E. P.; SOARES, L. A. DOS A.; ALVES, A. N. Teor de óleo e produtividade da mamoneira de acordo com a adubação nitrogenada e irrigação com água salina. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 1, p. 991-999, 2012. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0100-204X2012000700016>>.

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, p. 189-253, 1991.

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

SANTOS, V. A.; RAMOS, J. D.; LAREDO, R. R.; SILVA, F. O. R.; CHAGAS, E. A.; PASQUAL, M. Produção e qualidade de frutos de maracujazeiro-amarelo provenientes do cultivo com mudas em diferentes idades. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 16, n. 1, p. 33-40, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.5965/223811711612017033>>.

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. **Manual de métodos de análise de solo.** 3.ed. Brasília: Embrapa Solos, 2017. 573 p.

YANG, Y.; XIE, J.; LI, J.; ZHANG, J.; ZHANG, X.; YAO, Y.; BAKPA, E. P. Trehalose alleviates salt tolerance by improving photosynthetic performance and maintaining mineral ion homeostasis in tomato plants. **Frontiers in Plant Science**, v. 13, n. 1, p. 1-22, 2022. Disponível em: <<https://doi.org/10.3389/fpls.2022.974507>>.