

EFICIÊNCIA FOTOQUÍMICA DE GRAVIOLEIRA CULTIVADA COM ÁGUAS SALINAS E PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO

Jessica Dayanne Capitulino¹, Geovani Soares de Lima¹, Carlos Alberto Vieira de Azevedo², André Alisson Rodrigues da Silva¹, Lauriane Almeida dos Santos Soares², Allesson Ramos de Souza³

RESUMO: Conduziu-se este trabalho com objetivo de avaliar a fluorescência da gravioleira cv. Morada Nova cultivada sob salinidade da água de irrigação e diferentes concentrações de peróxido de hidrogênio como atenuante do estresse salino. O experimento foi conduzido em casa de vegetação em Campina Grande – PB, utilizando-se o delineamento em blocos casualizados, em esquema fatorial 4×4 , sendo quatro níveis de condutividade elétrica da água de irrigação – CEa (0,8, 1,6, 2,4, e 3,2 dS m⁻¹) e quatro concentrações de peróxido de hidrogênio-H₂O₂ (0, 10, 20 e 30 µM) com três repetições. A irrigação com água a partir de 0,8 dS m⁻¹ reduziu a fluorescência inicial e variável das plantas de gravioleira cv. Morada Nova, aos 210 dias após a semeadura. A salinidade da água de 0,8 dS m⁻¹ e aplicação de 10 a 20 µM de peróxido de hidrogênio H₂O₂ via foliar ocasionou maior fluorescência variável e eficiência quântica do fotossistema II das plantas de gravioleira.

PALAVRAS-CHAVE: *Annona muricata* L., estresse abiótico, mitigação

PHOTOCHEMICAL EFFICIENCY OF GRAVIOIL CULTIVATED WITH SALINE WATER AND HYDROGEN PEROXIDE

ABSTRACT: The aim of this work was to evaluate the fluorescence of soursop cv. Morada Nova cultivated under irrigation water salinity and different concentrations of hydrogen peroxide as a saline stress attenuator. The experiment was conducted in a greenhouse in Campina Grande - PB, using a randomized block design, in a 4×4 factorial scheme, with four levels of electrical conductivity of the irrigation water - CEa (0.8, 1.6, 2.4, and 3.2 dS m⁻¹) and

¹ Discentes do Curso de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande, CEP 58429-900, Campina Grande, PB. E-mail: dayanne.jessica@hotmail.com; andrealisson_cgpb@hotmail.com

² Prof. Doutor, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande. E-mail: geovani.soares@pq.cnpq.br; cvieiradeazevedo@gmail.com; laurispo.agronomia@gmail.com

³ Discente do Curso de Engenharia Agrícola, Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande, CEP 58429-900, Campina Grande, PB. E-mail: allesson13@outlook.com

four concentrations of hydrogen peroxide-H₂O₂ (0, 10, 20 and 30 μM) with three repetitions. Irrigation with water from 0.8 dS m⁻¹ reduced the initial and variable fluorescence of soursop plants cv. Morada Nova, at 210 days after sowing. Water salinity of 0.8 dS m⁻¹ and application of 10 to 20 μM of hydrogen peroxide H₂O₂ via the leaves caused greater variable fluorescence and quantum efficiency of photosystem II of soursop plants.

KEYWORDS: *Annona muricata* L., abiotic stress, mitigating

INTRODUÇÃO

A gravioleira (*Annona muricata* L) se destaca no cenário frutícola do Brasil, principalmente pelas suas inúmeras utilidades alimentícias e farmacêuticas, prevenindo uma série de distúrbios crônico-degenerativos (DAUDA et al., 2018). A maior produção de graviola ocorre no Estado da Bahia. No entanto, uma das limitações ao sistema de produção no semiárido do Nordeste brasileiro é a restrição das águas quanto à salinidade para irrigação (FREIRE & NASCIMENTO, 2018).

Assim, há necessidade de uso de estratégias que amenizem o efeito do estresse salino nas plantas. Pesquisas foram realizadas e tem demonstrado a eficiência da aplicação exógena de H₂O₂ na aclimação das culturas ao estresse salinidade (BAGHERI et al., 2019). Deste modo, objetivou-se com este trabalho avaliar os efeitos das doses de peróxido de hidrogênio como atenuador do estresse salino na eficiência fotoquímica das plantas de gravioleira cv. Morada Nova.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido em casa de vegetação do Centro de Ciências Tecnologia e Recursos Naturais- CTRN da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, localizado no município de Campina Grande, Paraíba, PB, localizado nas coordenadas geográficas 7°15'18'' de latitude Sul, 35°52'28'' de longitude Oeste e altitude média de 550 m. Utilizando-se o delineamento em blocos casualizados, em esquema fatorial 4 × 4, sendo quatro níveis de condutividade elétrica da água de irrigação – CEa (0,8, 1,6, 2,4, e 3,2 dS m⁻¹) e quatro concentrações de peróxido de hidrogênio-H₂O₂ (0, 10, 20 e 30 μM) com três repetições, totalizando 48 plantas.

Os níveis salinos e as concentrações de peróxido de hidrogênio foram baseados em estudos realizados por Silva et al. (2019) e Veloso et al. (2019). As águas salinas foram

preparadas pela adição de sais de NaCl, CaCl₂.2H₂O e MgCl₂.6H₂O, na proporção equivalente de 7:2:1, relação esta predominante nas principais fontes de água disponíveis para irrigação no Nordeste brasileiro (MEDEIROS, 1992) obedecendo-se a relação entre CEa e a concentração dos sais ($\text{mg L}^{-1} = 640 \times \text{CE}$) (Richards 1954).

A adubação foi baseada na recomendação de Cavalcanti (2008). Foram utilizados como fonte de nitrogênio, potássio e fósforo, respectivamente sulfato de amônio, cloreto de potássio e fosfato monoamônio (MAP). As mudas foram provenientes de viveiro comercial credenciado no Registro Nacional de Sementes e Mudas, localizado no Distrito de São Gonçalo, Sousa – PB. As plantas foram transplantadas para os lisímetros preenchidos com 200 kg de solo. Paralelamente às fertilizações com N, P e K, foram realizadas quinzenalmente as pulverizações com micronutrientes.

A aplicação das águas salinas teve início aos 60 dias após o transplântio (DAT), com turno de rega de dois dias, sendo a irrigação de forma manual, sendo a lâmina aplicada estimada pelo princípio de lisimetria de drenagem: diferença entre o volume aplicado e o drenado na irrigação anterior. Com o propósito de reduzir o acúmulo de sais no solo foi aplicada uma fração de lixiviação de 0,15 em intervalo de 30 dias. As aplicações das concentrações de peróxido de hidrogênio tiveram início aos 45 dias após o transplântio.

Determinou-se a fluorescência inicial (F_o), máxima (F_m), variável (F_v) e o eficiência quântica do fotossistema II (F_v/F_m), aos 210 DAT em folhas pré-adaptadas ao escuro, mediante uso de pinças foliares durante 30 minutos, entre às 7:00 e 8:00 h da manhã, na folha mediana do ramo produtivo.

Os dados coletados serão submetidos à análise de variância pelo teste F ao nível de 0,05 e 0,01 de probabilidade e, quando significativo, realizar-se-á análise de regressão polinomial linear, quadrática utilizando-se do software estatístico SISVAR (FERREIRA, 2019). Em caso de significância de interação entre fatores, software TableCurve 3D foi usado para construir as superfícies de resposta.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Constata-se que a interação entre os níveis salinos e as concentrações de peróxido de hidrogênio proporcionou efeito significativo sobre a que a fluorescência inicial, variável e eficiência quântica do fotossistema II aos 210 DAT, apresentaram interação entre os fatores salinidade da água de irrigação e doses de peróxido de hidrogênio. Enquanto que os níveis de salinidade da água de irrigação influenciaram significativamente a fluorescência máxima. As

concentrações de peróxido de hidrogênio não influenciaram nenhuma das variáveis analisadas das plantas de gravioleira (Tabela 1).

Tabela 2. Resumo da análise de variância para fluorescência inicial (Fo), fluorescência máxima (Fm), fluorescência variável (Fv) e eficiência quântica do fotossistema II (Fv/Fm) de plantas de gravioleira cv. Morada Nova irrigadas com águas salinas e submetidas à aplicação foliar de peróxido de hidrogênio, aos 210 dias após o transplântio.

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios			
		Fo	FM	FV	FV/FM
Níveis salinos (NS)	4	7842,51**	75277,36**	139489,6**	0,002239**
Regressão linear	1	19634,8**	190976,0**	415168,01**	0,006202**
Regressão quadrática	1	2257,7 ^{ns}	32870,5 ^{ns}	3088,02 ^{ns}	0,000033 ^{ns}
Peróxido de hidrogênio (H ₂ O ₂)	4	658,99**	1771,91 ^{ns}	4881,95*	0,000928**
Regressão linear	1	436,32*	479,12 ^{ns}	608,01 ^{ns}	0,000375 ^{ns}
Regressão quadrática	1	21,60 ^{ns}	3006,75 ^{ns}	13736,3**	0,002408**
Interação (NS x H ₂ O ₂)	16	362,87**	7207,74 ^{ns}	5538,60**	0,000163*
Blocos	3	140,15 ^{ns}	16949,8 ^{ns}	1220,47 ^{ns}	0,000065 ^{ns}
Resíduo	30	82,83	3186,54	1279,87	0,000049
CV (%)		1,36	2,42	2,08	0,97

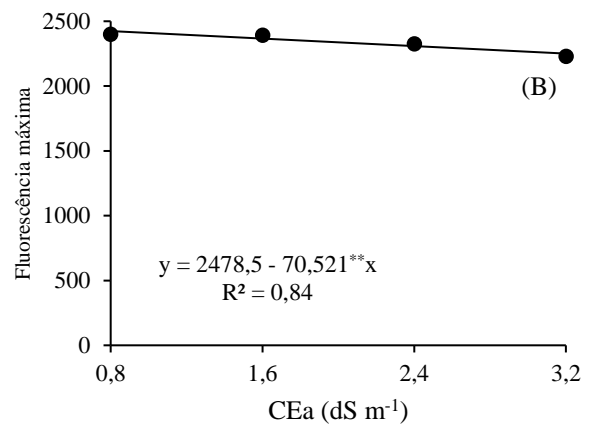
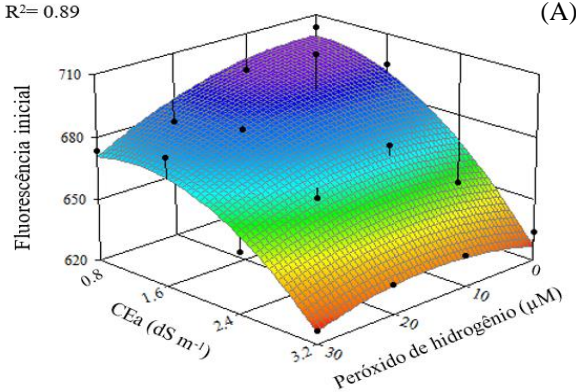
^{ns}, * e ** respectivamente não significativo, significativo a $p < 0,05$ e $p < 0,01$. CV: Coeficiente de variação.

As concentrações de peróxido de hidrogênio aplicadas via foliar não elevaram a fluorescência inicial (Figura 1 A), sendo o maior valor de F0 (674,52) obtido no tratamento sem H₂O₂ associado a CEa de 0,8 dS m⁻¹. A fluorescência máxima foi reduzida de forma linear pelo aumento da condutividade elétrica da água de irrigação (Figura 1B), passando de um Fm de 2422,08 na CE de 0,8 dS m⁻¹ para 2252,83 na CEa de 3,2 dS m⁻¹, com perda de 5,40% (169,25). A restrição da Fm pelo estresse salino indica uma desaceleração na atividade fotossintética visando atenuar os efeitos tóxicos da salinidade (MONTEIRO et al., 2018)

As aplicações foliares de H₂O₂ contribuíram para aumento da fluorescência variável e da eficiência quântica do FSII das plantas de graviola irrigadas com água salina (Figura 1C e D), fato que proporcionou a obtenção dos máximos valores de Fv (1875,0) e Fv/Fm (0,7542) nas concentrações estimadas de 16 e 13 µM de H₂O₂, respectivamente, ambas, associadas a CEa de 0,8 dS m⁻¹. Assim, pode-se dizer que a aplicação do peróxido de hidrogênio, entre as concentrações de 10 a 20 µM, contribuíram para uma maior eficiência na fotorredução de quinona A e no fluxo de elétrons entre os fotossistemas, promovendo uma adequada atividade do PSII na membrana do tilacóide, influenciando diretamente o fluxo de elétrons entre os fotossistemas, evidenciando que não ocorreu dano no FSII, pois, conforme Reis & Campostrini (2011), quando o aparelho fotossintético se encontra intacto, os valores de Fv/Fm variam entre 0,75 e 0,85.

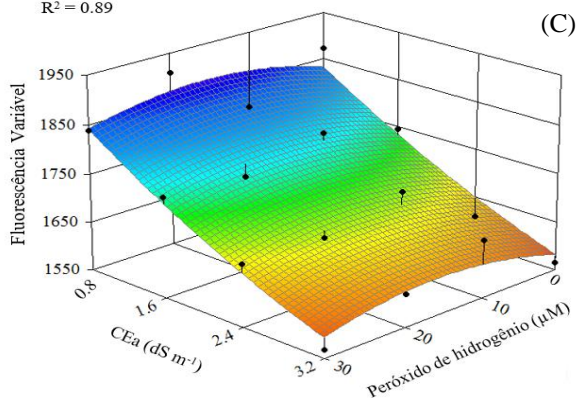
$$F_0 = 690.89 - 0.1142^{ns} x - 20.462^{ns} y - 0.03819^{ns} x^2 - 12.671^{ns} y^2 + 0.3824^{**} xy$$

$$R^2 = 0.89$$



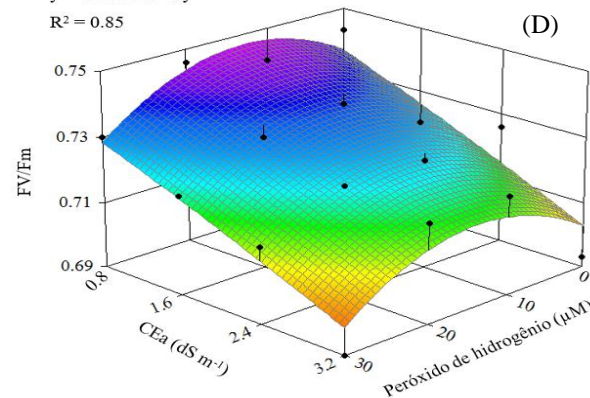
$$FV = 1947.02 + 5.40^* x - 154.18^{ns} y - 0.168^{ns} x^2 + 12.58^{ns} y^2 - 0.0093^{ns} xy$$

$$R^2 = 0.89$$



$$FV/Fm = 0.7461 + 0.0016^* x - 0.0116^{ns} y - 0.0000625^{**} x^2 - 0.000586^{ns} y^2 - 0.000045^{ns} xy$$

$$R^2 = 0.85$$



^{ns}, ^{**}, ^{*} não significativo, significativo a $p \leq 0,01$ e a $p \leq 0,05$ pelo teste F, respectivamente.

Figura 1. Fluorescência inicial (A), fluorescência máxima (B), fluorescência variável (C) e eficiência quântica do fotossistema II (D) de plantas de gravioleira aos 210 dias após o transplante - DAT em função da condutividade elétrica da água de irrigação e doses de peróxido de hidrogênio.

CONCLUSÕES

A irrigação com água de condutividade elétrica a partir de $0,8 \text{ dS m}^{-1}$ reduz a fluorescência inicial e variável das plantas de gravioleira cv. Morada Nova, aos 210 dias após a semeadura.

A salinidade da água de $0,8 \text{ dS m}^{-1}$ e aplicação de 10 a 20 µM de peróxido de hidrogênio H_2O_2 via foliar resulta em maior fluorescência variável e eficiência quântica do fotossistema II das plantas de gravioleira.

REFERÊNCIAS

BAGHERI, M.; GHOLAMI, M.; BANINASAB, B. Hydrogen peroxide-induced salt tolerance in relation to antioxidant systems in pistachio seedlings. *Scientia Horticulturae*, v. 243, n. 3, p. 207-213, 2019.

CAVALCANTI, F. J. **Recomendações de adubação para o Estado de Pernambuco: 2.** aproximação. 3. ed. Recife: IPA, 2008. 212 p.

DAUDA, A. O.; SALAMI, K. O.; OYEYINKA, S. A.; ESAN, O. T.; ARISE, A. K.; ASIJE, A. R. An Assessment of the Preservative Potentials of Soursop (*Annona muricata*) Seed Oil on Plantain and Orange Juice. **Global Advanced Research Journal of Microbiology**, v. 7, n. 1, p. 113-120, 2018.

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.

FREIRE, J. L. de O.; Nascimento, G. dos S. Produção de mudas de maracujazeiros amarelo e roxo irrigadas com águas salinas e uso de urina de vaca. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 41, n. 1, p. 111-120, 2018.

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). Campina Grande, Universidade Federal da Paraíba, 1992. 173p.

MONTEIRO, D. R.; MELO, H. F. D.; LINS, C. M.; DOURADO, P. R.; SANTOS, H. R.; SOUZA, E. R. D. Chlorophyll a fluorescence in saccharine sorghum irrigated with saline water. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 22, n. 10, p. 673-678, 2018.

REIS, F.O.; CAMPOSTRINI, E. Microaspersão de água sobre a copa: um estudo relacionado às trocas gasosas e à eficiência fotoquímica em plantas de mamoeiro. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 17, n. 1, p. 284-295, 2011.

RICHARDS, L.A. **Diagnosis and improvement of saline and alkaline soils.** Washington: United States Salinity Laboratory Staff, 1954. 160p. (Agriculture, 60).

SILVA, A. A. R. da; LIMA, G. S. de; AZEVEDO, C. V. de; VELOSO, L. L. S.; CAPITULINO, J. D.; GHEYI, H. R. Induction of tolerance to salt stress in soursop seedlings using hydrogen peroxide. **Comunicata Scientiae**, v. 10, n. 4, p. 484-490, 2019.

VELOSO, L. L. S. A.; AZEVEDO, C. A. V. de; SILVA, A. A. R. da; LIMA, G. S. de; GHEYI, H. R.; NOBREGA, R. A.; ALVES, F. W.; MOREIRA, R. C. Effects of saline water and exogenous application of hydrogen peroxide (H₂O₂) on Soursop (*Annona muricata* L.) at vegetative stage. **Australian Journal of Crop Science**, v. 13, n. 3, p. 472-479, 2019.