

PIGMENTOS FOTOSINTÉTICOS DE GRAVIOLEIRA SOB ESTRESSE SALINO E APLICAÇÃO FOLIAR DE PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO

JESSICA DAYANNE CAPITULINO¹, GEOVANI SOARES DE LIMA², CARLOS ALBERTO VIEIRA DE AZEVEDO², ANDRÉ ALISSON RODRIGUES DA SILVA³, THIAGO FILIPE DE LIMA ARRUDA⁴

¹Doutoranda em Engenharia Agrícola, PPGEA/UFCG, Campina Grande-PB, capitulinoj@hotmail.com

²Dr. Professor, PPGEA/UFCG, Campina Grande-PB, geovani.soares@cnpq.br; cvieiradeazevedo@gmail.com

³Dr. PDJ/CNPq/UFCG, Campina Grande-PB, andrealisson_cgpb@hotmail.com;

⁴Mestrando em Engenharia Agrícola, PPGEA/UFCG, Campina Grande-PB, Thiago.filipe.la@gmail.com

RESUMO: A aclimação das plantas ao estresse salino com aplicação de peróxido de hidrogênio ocorre através da ativação do sistema de defesa antioxidante. Dessa forma, objetivou-se com essa pesquisa avaliar os pigmentos fotossintéticos de plantas de gravioleira cv. Morada Nova irrigadas com águas salinas e aplicação foliar de peróxido de hidrogênio como atenuante ao estresse. A pesquisa foi conduzida sob condições de casa de vegetação, 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 doses de peróxido de hidrogênio – H₂O₂ (0, 10, 20 e 30 µM) com três repetições. Irrigação com água de condutividade elétrica de 3,2 dS m⁻¹ inibiu a síntese de clorofila *a*, *b*, teor de carotenóides e clorofila *total* de gravioleira cv. Morada Nova. A concentração de 30 µM em interação com a salinidade da água de 0,8 dS m⁻¹ promoveram os maiores teores de clorofila *a* e *b* da gravioleira cv. Morada Nova, aos 370 dias após o transplântio.

PALAVRAS-CHAVE: *Annona muricata* L., águas salinas, mitigação

PHOTOSYNTHETIC PIGMENTS IN SOURSOP UNDER WATER STRESS AND FOLIAR APPLICATION OF HYDROGEN PEROXIDE

ABSTRACT: The acclimatization of plants to saline stress with the application of hydrogen peroxide occurs through the activation of the antioxidant defense system. Thus, the objective of this research was to evaluate the photosynthetic pigments of soursop plants cv. Morada Nova cultivated under irrigation with saline water and foliar application of hydrogen peroxide as a stress reliever. The research was carried out under greenhouse conditions, using a randomized block design, in a 4×4 factorial scheme, with four levels of electrical conductivity of the irrigation water - EC_w (0.8, 1.6, 2, 4, and 3.2 dS m⁻¹) and four doses of hydrogen peroxide – H₂O₂ (0, 10, 20 and 30 µM) with three replications. Irrigation with water of electrical conductivity of 3.2 dS m⁻¹ inhibited the synthesis of chlorophyll *a*, *b*, carotenoid content and *total* chlorophyll of soursop cv. Morada Nova. The concentration of 30 µM in interaction with the water salinity of 0.8 dS m⁻¹ promoted the highest values of chlorophyll *a* and *b* of soursop cv. Morada Nova at 370 days after.

KEYWORDS: *Annona muricata* L., salt water, mitigation

INTRODUÇÃO

A gravioleira (*Annona muricata* L.) é uma frutífera da família Annonaceae, originária da América Central e norte da América do Sul. É um arbusto que possui fruto com grande aceitação nos mercados interno e externo devido às diversas possibilidades de uso, podendo ser consumida *in natura* ou processado, além de ser utilizada na indústria farmacêutica e cosmética, destacando-se como fonte de vitamina C e de substâncias antioxidantes (Bento et al., 2016).

Os estados da Bahia e Alagoas destacam-se como os maiores produtores com 4,509 e 1,448 mil toneladas de frutos de graviola, respectivamente. A Paraíba, por sua vez, ocupa o oitavo lugar em relação aos estados que mais produz graviola no Brasil (82,0 toneladas) (Censo Agro, 2017).

Diante disso, pesquisas estão sendo realizadas utilizando águas salinas para o cultivo na região nordeste, como em maracujazeiro (Ramos et al., 2022), na pinheira (Ferreira et al, 2021) e em citros

(Brito et al., 2018), ressaltando a importância de estudar outras frutíferas como a gravioleira, já que são deficientes os estudos envolvendo o uso de águas salinas no cultivo dessa frutífera.

Contudo, apesar da importância dessa frutífera para a região Nordeste, as características climáticas, como irregularidades das chuvas, temperatura elevada e altas taxas de evapotranspiração, limitam a produtividade das culturas nessa região (Lima et al., 2022). Assim, faz-se necessário a busca por estratégias que atenuem os efeitos deletérios do estresse salino sobre as culturas. Dentre os processos de aclimação ao estresse salino, o pré-tratamento das plantas com pequenas quantidades de H₂O₂ tem se mostrado promissor (Gondim et al., 2011).

Ante o exposto, objetivou-se com o presente estudo avaliar os pigmentos fotossintéticos das plantas de gravioleira cv. Morada Nova cultivadas sob estresse salino e aplicação foliar de peróxido de hidrogênio como atenuante ao estresse.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido durante o período de abril de 2020 a abril de 2021 sob condições de casa de vegetação, pertencente a Unidade acadêmica de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande, PB, localizado pelas coordenadas locais 07°15'18'' latitude S, 35°52'28'' de longitude O e altitude média de 550 m.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados em arranjo fatorial 4 × 4, cujos tratamentos foram constituídos da combinação entre dois fatores: quatro níveis de condutividade elétrica da água de irrigação – CEa (0,8; 1,6; 2,4 e 3,2 dS m⁻¹) associados a quatro concentrações de peróxido de hidrogênio – H₂O₂ (0, 10, 20 e 30 µM) com três repetições e uma planta por parcela perfazendo o total de quarenta e oito unidades experimentais.

Os níveis salinos das águas foram estabelecidos baseando-se em estudo desenvolvido por Silva et al. (2019). Já as concentrações de peróxido de hidrogênio foram determinadas a partir de estudo desenvolvido por Veloso et al. (2020).

As águas de irrigação com diferentes condutividade foram preparadas dissolvendo-se os sais NaCl, CaCl₂.2H₂O e sais de MgCl₂.6H₂O, na proporção equivalente de 7:2:1, respectivamente, utilizando-se água de abastecimento (CEa = 0,38 dS m⁻¹) de Campina Grande, PB. As águas de irrigação foram preparadas considerando a relação entre CEa e a soma de cátions (mmolc L⁻¹ = 10 × CEa), extraída de Richards (1954).

Foram utilizados recipientes com capacidade de 200 L adaptados como lisímetros de drenagem. O preenchimento dos lisímetros foi realizado colocando-se uma camada de 1 kg de brita tipo zero, seguido de 250 kg de um Neossolo Regolítico (Entisol) de textura franco-arenosa (profundidade 0-20 cm), devidamente destorroado e proveniente da zona rural do município de Riachão de Bacamarte, PB, cujas características químicas e físicas (Tabela 1) foram obtidas conforme Teixeira et al. (2017).

Tabela 1. Características químicas e físicas do solo utilizado no experimento

Características químicas								
pH H ₂ O	M.O.	P	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H ⁺
1:2,5	g dm ⁻³	mg dm ⁻³cmolc kg ⁻¹					
6,5	8,1	79	0,24	0,51	14,9	5,4	0	0,9
.....Características químicas.....			Características físicas.....				
CE _{es}	CTC	RAS	PST	Fração granulométrica (g kg ⁻¹)			Umidade (dag kg ⁻¹)	
dS m ⁻¹	cmolc kg ⁻¹	(mmol L ⁻¹) ^{0,5}	%	Areia	Silte	Argila	33,42 kPa ¹	1519,5 kPa ²
2,15	16,54	0,16	3,08	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

Antes do transplântio das mudas, elevou-se o teor de umidade do solo até alcançar a capacidade máxima de retenção de água. A irrigação foi realizada, diariamente, às 17 horas, sendo o volume de água a ser aplicado em cada lisímetro determinado pela lisimetria de drenagem.

A aplicação do peróxido de hidrogênio deu-se através de um pulverizador costal, aplicando-se via foliar no período da tarde para obter o maior aproveitamento na absorção da solução aplicada, isolando as plantas individualmente a fim de evitar a deriva.

Realizou-se a adubação com nitrogênio, potássio e fósforo, de acordo com recomendação de Cavalcanti (2008), aplicando-se 100, 60 e 40 g por planta de N, P₂O₅ e K₂O. Como fontes foram utilizadas a ureia (45% de N), o cloreto de potássio (60% de K₂O) e o monoamônio fosfato (50% de P₂O₅ e 11% de N). As adubações tiveram início aos 30 DAT e foram realizadas em aplicações quinzenais. Os tratamentos culturais no controle de plantas daninhas, pragas e doenças foram feitos de acordo com a necessidade da cultura.

Aos 370 dias após o transplântio, avaliaram-se os efeitos dos tratamentos sobre os pigmentos fotossintéticos através do teor de clorofila *a*, *b*, *total* e carotenoides. Os pigmentos fotossintéticos foram determinados, de acordo com Arnon (1949) e os valores obtidos foram expressos em µg mL⁻¹.

Os dados foram submetidos à distribuição de normalidade (teste de Shapiro-Wilk) ao nível de probabilidade de 0,05. A análise de variância foi realizada em 0,05 e nível de probabilidade de 0,01 e, em casos de significância, foi realizada análise de regressão linear e quadrática utilizando o programa estatístico SISVAR-ESAL (Ferreira, 2019). Em caso de significância de interação entre fatores (NS × H₂O₂) o software TableCurve 3D foi usado para construir as superfícies de resposta.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve efeito significativo da interação entre os níveis de salinidade da água e as concentrações de peróxido de hidrogênio sobre todas as variáveis das plantas de gravioleira aos 370 DAT (Tabela 2).

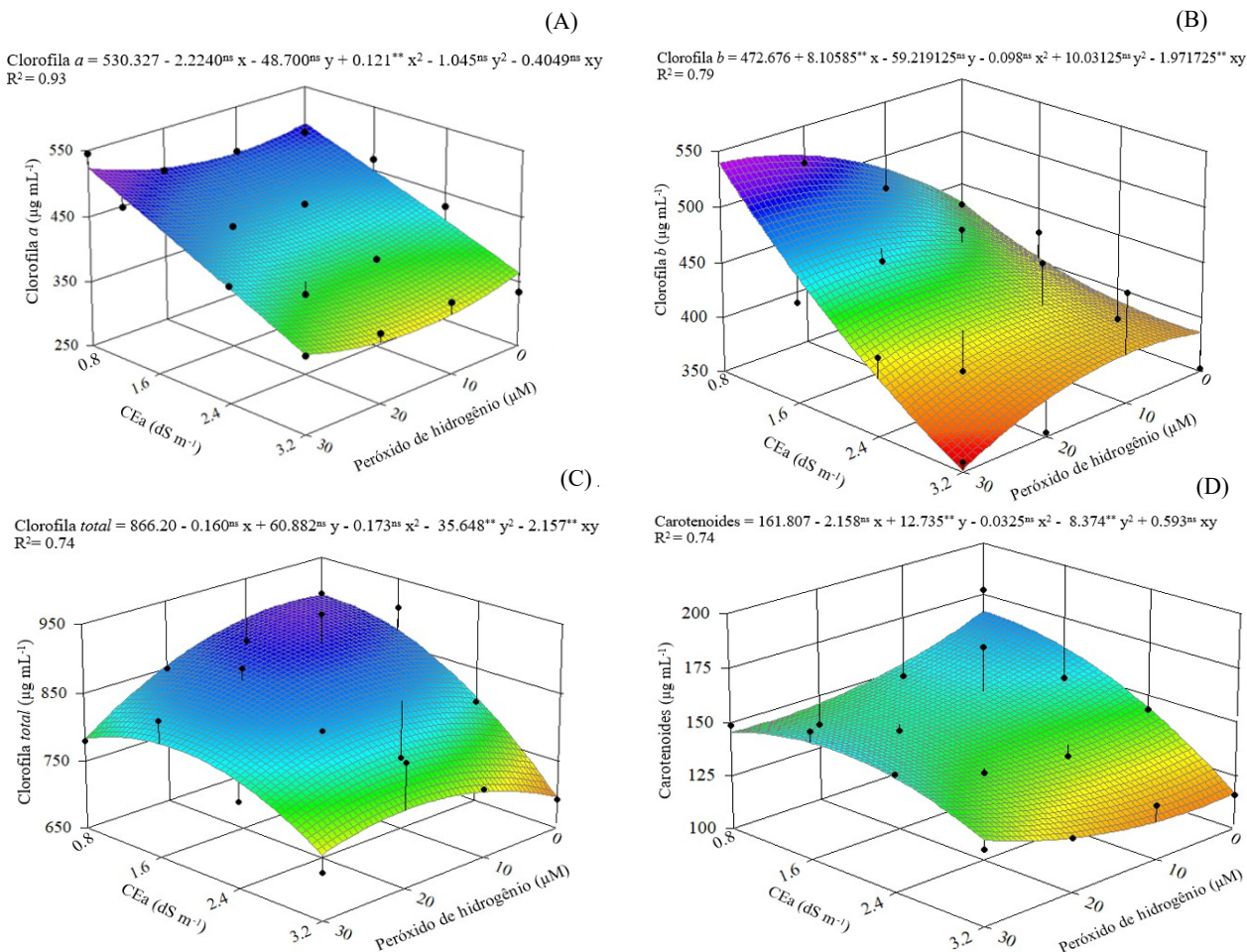
Tabela 2. Resumo da análise de variância referente à clorofila *a* (Cl *a*), *b* (Cl *b*), carotenoides (Car) e clorofila *total* (Cl *total*) de plantas de gravioleira cv. Morada Nova irrigadas com águas salinas e submetidas à aplicação foliar de peróxido de hidrogênio, aos 370 dias após o transplântio.

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios			
		Cl <i>a</i>	Cl <i>b</i>	Car	Cl <i>total</i>
Níveis salinos (NS)	4	1886,90**	6440,04**	12820,11**	42035**
Regressão linear	1	1202,75**	1888,86 ^{ns}	3154,98**	5860,6 ^{ns}
Regressão quadrática	1	4441,50 ^{ns}	1529,01**	3422,29 ^{ns}	12024**
Peróxido de hidrogênio (H ₂ O ₂)	4	1923,5 ^{ns}	8058,89**	4930,64**	5006,7**
Regressão linear	1	2927,85 ^{ns}	7845,51**	10885,63**	6315,13**
Regressão quadrática	1	696,61 ^{ns}	4608,80*	2485,22**	4750,80*
Interação (NS×H ₂ O ₂)	16	1439,97**	12698,4**	103023,89**	49496**
Blocos	3	1208,5 ^{ns}	937,03 ^{ns}	183,46 ^{ns}	544,79 ^{ns}
Resíduo	30	715,77	740,06	152,58	762,94
CV (%)		6,22	6,32	7,66	3,24

GL= graus de liberdade; ns, **, * respectivamente não significativo, significativo a p ≤ 0,01 e a p ≤ 0,05.

Ao estudar a interação da salinidade da água de irrigação com as concentrações de peróxido de hidrogênio sobre a clorofila *a* (Figura 1A) e *b* (Figura 1B), nota-se que as plantas submetidas ao tratamento com peróxido de hidrogênio na concentração de 30 µM e na CEa de 0,8 dS m⁻¹ tiveram os maiores valores 520,73 e 539,37 (µg mL⁻¹), respectivamente. Segundo Veloso et al. (2023), a aplicação de H₂O₂ em concentrações adequadas pode mitigar os efeitos deletérios da salinidade, promovendo a manutenção dos pigmentos fotossintéticos e um melhor funcionamento do fotossistema II sobre condições de estresse. Vê-se ainda, que as plantas irrigadas com o maior nível salino (3,2 dS m⁻¹) obtiveram, quando submetidas ao tratamento de 11 e 30 µM os menores valores para o teor de Cl *a* (349,5 µg mL⁻¹) e Cl *b* (351,58 µg mL⁻¹).

Figura 1. Teores de clorofila *a* (A), *b* (B), *total* (C) e carotenoides (D) das plantas de gravioleira cv. Morada Nova, em função da interação entre os níveis de salinidade da água - CEa e das concentrações de peróxido de hidrogênio - H₂O₂, aos 370 dias após o transplântio.



X e Y correspondem a CEa e concentrações de peróxido de hidrogênio, respectivamente.

Para a clorofila *total* (Figura 1C) e os teores de carotenoides (Figura 1D), constata-se que a irrigação com água de condutividade elétrica de 0,8 dS m⁻¹ e na ausência de aplicação foliar de peróxido de hidrogênio (0 µM) resultou em maiores valores estimados de Cl *total* (892,09 µg mL⁻¹) e Car (166,63 µg mL⁻¹). Já a irrigação com o maior nível salino (CEa de 3,2 dS m⁻¹) e aplicação foliar de H₂O₂ na concentração 30 µM, proporcionaram os valores mínimos estimados de 328,4 (µg mL⁻¹) na Cl *total* e de 79,74 (µg mL⁻¹) nos teores de Car. Veloso et al. (2020) e Sousa et al. (2017), de forma similar, também observaram uma redução nos teores de carotenóides em gravioleiras e em citrus, respectivamente, com o aumento na condutividade elétrica da água de irrigação, e atribuíram ao fato de que o estresse salino leva a uma redução na produção de pigmentos fotossintéticos, induzindo a degradação do β-caroteno, causando uma diminuição no teor carotenoides.

CONCLUSÃO

Irrigação com água de condutividade elétrica de 3,2 dS m⁻¹ afeta os pigmentos fotossintéticos da gravioleira cv. Morada Nova, aos 370 dias após o transplântio. O peróxido de hidrogênio na concentração de 30 µM e salinidade da água de 0,8 dS m⁻¹ promovem os maiores teores de clorofila *a* e *b* da gravioleira cv. Morada Nova.

AGRADECIMENTOS

A CAPES pela concessão de bolsa de pesquisa ao primeiro autor.

REFERÊNCIAS

- Arnon, D. I. Copper enzymes in isolated chloroplasts: polyphenoloxidases in *Beta vulgaris*. Plant Physiology, v.24, n.1, p.1-15, 1949.
- Bento, E. B.; Monteiro, Á. F.; Lemos, I. C. S.; g Junior, F. E. de; Oliveira, D. R. de.; Menezes, I. R. A. de.; Kerntopf, M. R. Estudio etnofarmacológico comparativo en la región del Araripe de la *Annona muricata* L. (Graviola). Revista Cubana de Plantas Mediciniais, v.21, n.1, p.9-19, 2016.
- Brito, M.E.; Soares, L. A. A.; Soares Filho, W. D.; Fernandes, P. D.; Silva, E. C. B.; Sá, F. V. S.; Silva, L. A. Emergence and morphophysiology of Sunki mandarin and other citrus genotypes seedlings under saline stress. Spanish Journal of Agricultural Research, v.16, n.1, p.1-15, 2018.
- Cavalcanti, F. J. A. Recomendações de adubação para o Estado de Pernambuco: 2. Aproximação. 3. ed. Recife: IPA. 2008. 212 p.
- Censo Agropecuário. Resultados preliminares. 2017. Disponível em: <https://censoagro2017.ibge.gov.br/templates/censo_agro/resultadosagro/agricultura.html?localidade=0&tema=76303> Acesso em: julho de 2022.
- Ferreira, F. N.; Lima, G. S. de.; Gheyi, H. R.; S. A, F. V. S.; Dias, A. S.; Pinheiro, F. W. A. Photosynthetic efficiency and production of *Annona squamosa* L. under salt stress and fertilization with NPK. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.25, n.7, p. 446-452, 2021.
- Ferreira, D. F. Sisvar: A computer analysis system to fixed effects split plot type designs. Revista Brasileira de Biometria, v.37, n.1, p.529-535, 2019.
- Gondim, F. A.; Gomes Filho, E.; Marques, E. C.; Prisco, J. T. Efeitos do H₂O₂ no crescimento e acúmulo de solutos em plantas de milho sob estresse salino. Revista Ciência Agronômica, v.42, n. 2, p. 373-38, 2011.
- Lima, G. S. de.; Pinheiro, F. W. A.; Gheyi, H. R.; Soares, L. A. dos A.; Sousa, P. F. do N.; Fernandes, P. D. Saline water irrigation strategies and potassium fertilization on physiology and fruit production of yellow passion fruit. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.26, n.3, p.180-189, 2022.
- Pinto, A. C. de; Cordeiro, Q. M. C. R.; Andrade, S. R. M. de.; Ferriera, F. R.; Filguieras, H. A.; Alves, D. I. *Annona* species. Southampton, UK: University of Southampton - International Centre for Unde-utilised Crops, 2005. 268p.
- Ramos, J. G.; Lima, V. L. A.; Lima, G. S.; Paiva, F. J. S.; Pereira, M. O.; Nunes, K. G. Hydrogen peroxide as salt stress attenuator in sour passion fruit. Revista Caatinga, v.35, n.1, p.412-422, 2022.
- Richards, L. A. Diagnosis and improvement of saline and alkaline soils. Washington: United States Salinity Laboratory Staff, 1954. 160p. USDA Handbook 60.
- Silva, A. A. R.; 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.1, p.484-490, 2019.
- Sousa, J. R. M.; Gheyi, H. R.; Brito, M. E. B.; Silva, F. A. F. D., Lima, G.S. Dano na membrana celular e pigmentos clorofilianos de citros sob águas salinas e adubação nitrogenada. Revista Irriga, v.22, n.1, p.353-368, 2017.
- Teixeira, P. C.; Donagemma, G. K.; Fontana, A.; Teixeira, W. G. (org.) Manual de métodos de análise de solo. 3.ed. Brasília: Embrapa, 2017. 573p.
- Veloso, L. L. S. A.; Azevedo, C. A. V. de.; Nobre, R. G.; Lima, G. S.; Capitulino, J. D.; Silva, F. A. H₂O₂ alleviates salt stress effects on photochemical efficiency and photosynthetic pigments of cotton genotypes. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.27, n.1, p.34 -41, 2023.
- Veloso, L. L. S.; Lima, G. S. de.; Azevedo, C. V. de.; Gomes, R. N.; Silva, A. A. R.; Capitulino, J. D.; Gheyi, H. R.; Bonifacio, B. F. Physiological changes and growth of soursop plants under irrigation with saline water and H₂O₂ in post-grafting phase. Semina: Ciências Agrárias, v.41, n.1, p.3023-3038, 2020.