

EFICIÊNCIA FOTOQUÍMICA DE QUIABEIRO IRRIGADO COM ÁGUAS SALOBRAS E APLICAÇÃO FOLIAR DE SELÊNIO

LUCYELLY DÂMELA ARAÚJO BORBOREMA¹, GEOVANI SOARES DE LIMA², ALLESSON RAMOS DE SOUZA³, KHEILA GOMES NUNES⁴ e DENIS SOARES COSTA⁵

¹Doutoranda em Engenharia Agrícola, PPGEA/UFCG, Campina Grande-PB, lucyellyd@gmail.com;

²Dr. em Engenharia Agrícola, Prof. Assistente. CCTA, UFCG, Pombal-PB, geovanisoaresdelima@gmail.com;

³Doutorando em Engenharia Agrícola, PPGEA/UFCG, Campina Grande-PB, allesson13@outlook.com;

⁴Doutoranda em Engenharia Agrícola, PPGEA/UFCG, Campina Grande-PB, kheilagomesnunes@gmail.com;

⁵Doutorando em Engenharia Agrícola, PPGEA/UFCG, Campina Grande-PB, deniscosta1313@gmail.com.

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC
6 a 9 de outubro de 2025

RESUMO: O excesso de sais na composição das águas do semiárido nordestino é uma problemática que influencia nos parâmetros fisiológicos e na produção das culturas irrigadas. Objetivou-se com a presente pesquisa avaliar o efeito das concentrações de selênio na fluorescência da clorofila *a* do quiabeiro sob irrigação com águas salobras. Os tratamentos foram constituídos por quatro níveis de condutividade elétrica da água – CEa (0,4; 1,3; 2,2 e 3,1 dS m⁻¹) e quatro concentrações de selênio (0,0; 5,0; 10,0 e 15,0 mg L⁻¹), distribuídos em delineamento de blocos casualizados, em esquema fatorial 4 × 4, com três repetições. O aumento da salinidade na irrigação a partir de 0,4 dS m⁻¹ afetou negativamente a fluorescência da clorofila *a* do quiabeiro. A aplicação de selênio na concentração de 9 mg L⁻¹ amenizou os efeitos do estresse salino na fluorescência inicial do quiabeiro.

PALAVRAS-CHAVE: Estresse salino, biofortificação, *Abelmoschus esculentus*.

PHOTOCHEMICAL EFFICIENCY OF OKRA PLANT IRRIGATED WITH BRAZILIAN WATER AND FOLIAR APPLICATION OF SELENIUM

ABSTRACT: The excess of salts in the water composition of the Brazilian semi-arid region is a significant issue that affects the physiological parameters and productivity of irrigated crops. This study aimed to evaluate the effect of selenium concentrations on chlorophyll *a* fluorescence in okra plants under irrigation with saline water. The treatments consisted of four levels of water electrical conductivity – EC_w (0.4, 1.3, 2.2, and 3.1 dS m⁻¹) and four selenium concentrations (0.0, 5.0, 10.0, and 15.0 mg L⁻¹), arranged in a randomized block design in a 4 × 4 factorial scheme with three replications. The increase in irrigation water salinity from 0.4 dS m⁻¹ negatively affected chlorophyll *a* fluorescence in okra plants. The application of selenium at a concentration of 9 mg L⁻¹ alleviated the effects of salt stress on the initial fluorescence of okra.

KEYWORDS: Salt stress, biofortification, *Abelmoschus esculentus*.

INTRODUÇÃO

O quiabeiro [*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench] é uma hortaliça da família Malvaceae, originária da África Tropical (Barupal et al., 2022), sendo reconhecido como uma planta neutracêutica de alto valor, é amplamente cultivado em diferentes partes do mundo (Daliu et al., 2020). É uma fonte de nutrientes à saúde humana, contribuindo entre outros benefícios, para a regulação dos níveis de colesterol (Sarwar et al., 2022), o que favorece o fortalecimento e o equilíbrio do organismo, sendo considerado um alimento funcional importante na dieta alimentar (Sarwar et al., 2022).

De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS), o baixo consumo de hortaliças está entre os maiores fatores de risco que favorece à mortalidade (OMS, 2019), sendo importante o seu consumo frequentemente. No Brasil, a quantidade de quiabo produzida no ano de 2017 foi de 111.967

toneladas, entretanto, o Nordeste produziu em torno de 31.847 toneladas, tendo estado da Paraíba uma baixa produção 448 toneladas (IBGE, 2025).

A limitação na produção desta olerícola pode estar associada aos fatores edafoclimáticos da região do Nordeste brasileiro, na qual apresenta um regime de chuvas irregular e concentrado em determinadas épocas do ano, e elevadas taxas de evapotranspiração (Cruz filho & Sousa, 2024). Essas condições favorecem o acúmulo de sais em fontes de água superficiais, contribuindo para a salinização tanto do solo quanto da água, essa realidade configura uma das principais limitações abióticas à produção de alimentos em regiões áridas e semiáridas ao redor do mundo (Sousa et al., 2022), limitando a absorção de água por meio de efeitos osmóticos, alterando o metabolismo, a absorção de nutrientes e, conseqüentemente, afetando as características fisiológicas das culturas (Gomes do Ó et al., 2024).

Dentre as tecnologias utilizadas para se produzir satisfatoriamente nessas regiões, o uso de selênio têm se destacado como alternativa promissora, pois é um elemento benéfico que proporciona aumento da atividade de enzimas antioxidantes, do conteúdo de prolina, e que reflete no crescimento das plantas (Subramanyam et al., 2019), reduz a relação Na/K e também proporciona efeitos benéficos na absorção de nitrogênio e cálcio (Elkelish et al., 2019). Desta forma, objetivou-se com a presente pesquisa avaliar o efeito das concentrações de selênio na fluorescência da clorofila *a* do quiabeiro sob irrigação com águas salobras

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em ambiente protegido, na Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola (UAEA) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), em Campina Grande – PB. As plantas foram cultivadas em vasos plásticos de 20 L, adaptados com lisímetros de drenagem.

Os tratamentos foram compostos por quatro níveis de salinidade da água de irrigação (condutividade elétrica - CEa: 0,4; 1,3; 2,2 e 3,1 dS m⁻¹) e quatro concentrações de selênio (0,0; 5,0; 10,0 e 15,0 mg L⁻¹), dispostos em delineamento de blocos casualizados, em esquema fatorial 4 × 4, com três repetições e uma planta por parcela, totalizando em 48 unidades experimentais. Os níveis de salinidade foram definidos com base no estudo de Soares et al. (2020), com quiabeiro. Já as concentrações de selênio foram adaptadas da metodologia de Amerian et al. (2024), em experimentos com pepino irrigado com água salobra.

Cada vaso possuía perfurações na base e um dreno transparente com 20 mm de diâmetro, abaixo acoplado uma garrafa de polietileno para a coleta da água drenada.

A adubação foi iniciada aos 12 dias após a sementeira, sendo realizada quinzenalmente via fertirrigação: como fonte de nitrogênio foi utilizada a ureia (45% de N), de fósforo o monoamônio fosfato (60% de P₂O₅ e 12% de N), e cloreto de potássio (51,5% de K₂O e 17% de S) como fonte potássica. Os micronutrientes foram fornecidos por pulverizações foliares a cada 15 dias, utilizando solução de Dripsol Micro Rexene® a 1,0 g L⁻¹, aplicada com pulverizador costal. A irrigação com água salobra teve início aos 22 dias após a sementeira (DAS), enquanto as aplicações foliares de selênio tiveram início aos 21 DAS, sendo realizadas a cada 15 dias, totalizando três aplicações ao longo do ciclo.

Os efeitos dos tratamentos foram avaliados aos 30 dias após a sementeira, com base na fluorescência da clorofila *a*, sendo determinadas a fluorescência inicial (F₀), fluorescência máxima (F_m), fluorescência variável (F_v) e eficiência quântica do fotossistema II (F_v/F_m), utilizando o equipamento PEA - Hansatech.

Os dados foram submetidos aos testes de normalidade (Shapiro-Wilk) e homogeneidade de variâncias (Levene). Havendo significância ($p \leq 0,05$), aplicou-se o teste F para os fatores CEa e concentrações de selênio. Quando identificado efeito significativo, foram ajustados modelos de regressão linear e/ou quadrática, utilizando-se o software estatístico R-Studio (versão 4.1.0). Nos casos de interação significativa entre os fatores, as superfícies de resposta foram geradas por meio do software SigmaPlot (versão 14.5).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A interação entre os níveis de condutividade elétrica da água de irrigação e as concentrações de selênio influenciou de forma significativa ($p \leq 0,001$) a fluorescência inicial (Tabela 1). A condutividade elétrica da água de irrigação, afetou significativamente a fluorescência máxima, a variável e a eficiência quântica do fotossistema II.

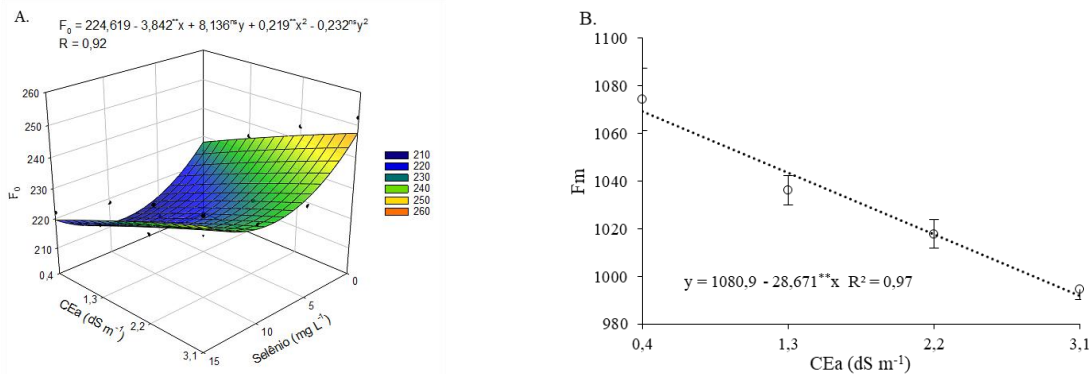
Tabela 1. Resumo da análise de variância referente a fluorescência inicial (F_0), fluorescência máxima (F_m), fluorescência variável (F_v) e eficiência quântica máxima do fotossistema II (F_v/F_m) das plantas de quiabeiro irrigadas com água de diferentes níveis de condutividade elétrica e aplicação foliar de selênio, aos 30 dias após a semeadura

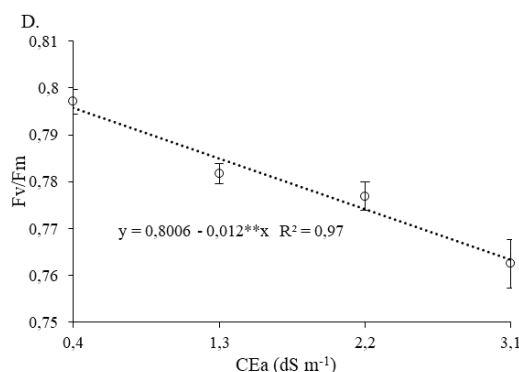
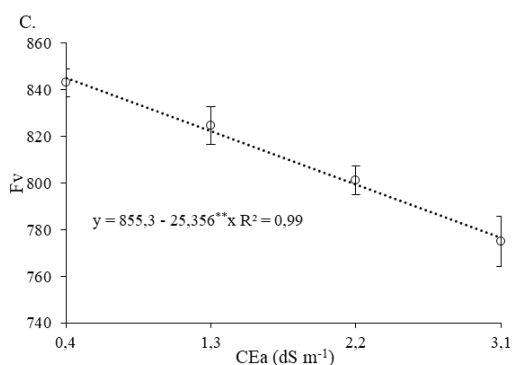
| Fonte de variação | GL | Quadrados médios | | | |
|-------------------------------|----|---------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------------------|
| | | F_0 | F_m | F_v | F_v/F_m |
| Condutividade elétrica (CEa) | 1 | 869,79*** | 1365,09*** | 10478,09*** | $2,49 \times 10^{-4}$ ** |
| Regressão linear | 1 | 2607,00** | 3995,64** | 31247,64** | $7,06 \times 10^{-3}$ ** |
| Regressão polinomial | 1 | 1,68 ^{ns} | 633,79 ^{ns} | 186,04 ^{ns} | $3,00 \times 10^{-6}$ ^{ns} |
| Concentrações de selênio (SE) | 3 | 815,35*** | 2409,25 ^{ns} | 1750,94 ^{ns} | $1,87 \times 10^{-4}$ ^{ns} |
| Regressão linear | 1 | 462,03*** | 0,28 ^{ns} | 3522,83 ^{ns} | $8,00 \times 10^{-6}$ ^{ns} |
| Regressão polinomial | 1 | 1441,02*** | 717,18 ^{ns} | 1592,75 ^{ns} | $3,52 \times 10^{-6}$ ^{ns} |
| Interação (CEa \times SE) | 3 | 32,67*** | 256,36 ^{ns} | 437,36 ^{ns} | $2,26 \times 10^{-4}$ ^{ns} |
| Bloco | 2 | 13,27 ^{ns} | 2054,04 ^{ns} | 1457,81 ^{ns} | $1,14 \times 10^{-4}$ ^{ns} |
| Resíduo | 30 | 29,64 | 1074,98 | 1457,81 | $3,26 \times 10^{-3}$ |
| CV (%) | | 2,39 | 3,18 | 4,71 | 2,32 |

, * e ^{ns} significativo a $p \leq 0,01$, $p \leq 0,001$ e não significativo, respectivamente. CV: Coeficiente de variação, GL: Grau de liberdade.

O aumento da salinidade na água de irrigação influenciou de forma negativa a fluorescência inicial da clorofila *a* das plantas de quiabeiro (Figura 1A), resultando em aumento de 7,98% (19,77) ao comparar os níveis de CEa de 0,4 (227,84) e 3,1 dS m^{-1} (247,61). O menor valor de F_0 (210,99) foi obtido nas plantas cultivadas sob CEa de 0,4 dS m^{-1} e concentração de selênio até 9,0 mg L^{-1} , resultando em uma redução de 7,39% (16,85) em relação as plantas irrigadas com o mesmo nível de CEa e sem aplicação de selênio.

Figura 1. Fluorescência inicial - F_0 (A) do quiabeiro, em função da interação entre os níveis de condutividade elétrica da água de irrigação - CEa e aplicações foliares de selênio e, fluorescência máxima - F_m (B), fluorescência variável - F_v (C) e eficiência quântica do fotossistema II - F_v/F_m (D) em função dos níveis de CEa, aos 30 dias após a semeadura.





X e y representam condutividade elétrica da água de irrigação e variáveis analisadas, respectivamente. ** e ns significativo a $p \leq 0,01$ e não significativo respectivamente.

Para a fluorescência máxima (Figura 1B), fluorescência variável (Figura 1C) e eficiência quântica do fotossistema II (Figura 1D) o aumento da salinidade na água de irrigação ocasionou uma redução de 2,96, 2,65 e 1,50% por incremento unitário da CEa, respectivamente.

O aumento da salinidade na água de irrigação, devido a presença dos sais de Na⁺ e Cl⁻, pode ocasionar danos à membrana, desequilíbrio de nutrientes, níveis alterados de reguladores de crescimento, inibição enzimática e disfunção metabólica, incluindo fotossíntese, em que, a depender do nível de estresse, leva à morte da planta (Gomes do Ó et al., 2024). No entanto, o uso do selênio pode ser uma alternativa promissora, podendo proporcionar equilíbrio hídrico e preservação da membrana celular (Astaneh et al., 2017).

CONCLUSÃO

O aumento da salinidade na irrigação a partir de 0,4 dS m⁻¹ afetou negativamente a fluorescência da clorofila *a* do quiabeiro. A aplicação de selênio na concentração de 9 mg L⁻¹ amenizou os efeitos do estresse salino na fluorescência inicial do quiabeiro.

AGRADECIMENTOS

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

REFERÊNCIAS

- Amerian, M.; Palangi, A.; Gohari, G.; Ntatsi, G. Enhancing salinity tolerance in cucumber through Selenium biofortification and grafting. *BMC Plant Biology*, v. 24, p. 1471-2229, 2024.
- Barupal, S.; Sharma, R.; Kumar, M.; Dilta, B. S.; Sarma, C. L.; Verma, R.; Singh, A. K. Seed priming: A effective method for enhancing seed quality and plant stand establishment in okra (*Abelmoschus esculentus* L.). *The Pharma Innovation Journal*, v. 11, p. 1359-1364, 2022.
- Cruz Filho, E. M.; Sousa, G, G, de. Yield and physical-chemical quality of okra fruits irrigated with brackish water and phosphorus fertilization. *Horticultura Brasileira*, v. 42, e2607, 2024.
- Daliu, P.; Annunziata, G.; Tenore, G. C.; Santini, A. Abscisic acid identification in Okra, *Abelmoschus esculentus* L. (Moench): Perspective nutraceutical use for the treatment of diabetes. *Natural product research*, v. 34, p. 3-9, 2020.
- Elkelish, A. A.; Soliman, M. H.; Alhathloul, H. A.; El-Esawi, M. A. Selenium protects wheat seedlings against salt stress-mediated oxidative damage by up-regulating antioxidants and osmolytes metabolism. *Plant Physiology and Biochemistry*, v. 137, p. 144-153, 2019.
- Gomes do Ó, L. M.; Cova, A. M. W.; Gheyi, H. R.; Silva, N. D. D.; Azevedo Neto, A. D. D. Production and quality of mini watermelon under drip irrigation with brackish water. *Revista Caatinga*, v. 33, p. 766-774, 2020.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Produção de quiabo. 2025. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/quiabo/br>. Acessado em: 01 julho de 2024.

- Organização Mundial da Saúde (OMS). Increasing fruit and vegetable consumption to reduce the risk of noncommunicable diseases. 2019. Disponível em: https://www.who.int/elena/titles/fruit_vegetables_ncds/en/. Acessado em: 01 de julho de 2025.
- Sarwar, S.; Akram, N. A.; Saleem, M. H.; Zazar, S.; Alghanem, S. M.; Abualreesh, M. H.; Alatawi, A.; Ali, S. Spatial variations in the biochemical potential of okra [*Abelmoschus esculentus* L. (Moench)] leaf and fruit under field conditions. Plos one, v. 17, p. e0259520, 2022.
- Soares, L. A. dos A.; Silva, R. G. da; Lima, G. S. de; Sales, G. N. B.; Costa, F. B. da; Silva Neta, A. M. de S.; Moreira, R. C. L.; Gomes, J. P. Preservation by lactic fermentation and physicochemical characterization of okra produced underwater salinity and potassium fertilization. Semina: Ciências Agrárias, v. 41, p. 2495-2508, 2020.
- Sousa, G. G. D.; Sousa, H. C.; Santos, M. F. D.; Lessa, C. I. N.; Gomes, S. P. Saline water and nitrogen fertilization on leaf composition and yield of corn. Revista Caatinga, v. 35, p.191-198, 2024.
- Subramanyam, K.; Saing, G. D.; Damme, E. J. M. V. Sodium Selenate Treatment Using a Combination of Seed Priming and Foliar Spray Alleviates Salinity Stress in Rice. Frontiers in Plant Science, v. 11, 2019.