

## FITOMASSAS DE QUIABEIRO CULTIVADO SOB ESTRATÉGIAS DE IRRIGAÇÃO COM ÁGUAS SALINAS E APLICAÇÃO DE ELICITORES

Flaviano Moura Pereira<sup>1</sup>, Saulo Soares da Silva<sup>2</sup>, Lauriane Almeida dos Anjos Soares<sup>3</sup>, Geovani Soares de Lima<sup>4</sup>, Flávia de Sousa Almeida<sup>5</sup>, Vitor Manoel Bezerra da Silva<sup>6</sup>

**RESUMO:** Objetivou-se com este estudo avaliar os efeitos da aplicação foliar de elicitores abióticos no acúmulo de fitomassas seca de quiabeiro cultivado sob estratégias de irrigação com águas salinas. O experimento foi conduzido em vasos adaptados como lisímetros de drenagem sob condição de campo, no Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar da Universidade Federal de Campina Grande, Campus de Pombal-PB. O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados, em esquema fatorial  $6 \times 2$ , sendo seis estratégias de irrigação com águas salinas variando de acordo com as fases fenológicas das plantas [SE = irrigação com água de baixa condutividade elétrica ( $0,3 \text{ dS m}^{-1}$ ) durante todo o ciclo da cultura; VE = estresse salino na fase vegetativa; FL = na fase de floração; FR = na fase de frutificação; VE/FL = de forma sucessiva nas fases vegetativa e na de floração; VE/FR = nas fase vegetativa e de frutificação] e aplicação foliar de dois elicitores abióticos [ácido ascórbico (60 mM) e peróxido de hidrogênio ( $50 \mu\text{M}$ )], com cinco repetições. A irrigação com água de  $3,3 \text{ dS m}^{-1}$  nas fases de floração e frutificação de forma isolada promoveu maior acúmulo de fitomassa seca do caule de quiabeiro, aos 90 dias após o semeio. O estresse salino ocasionado pela irrigação com água de  $3,3 \text{ dS m}^{-1}$  na fase de frutificação promoveu maior relação raiz/parte aérea de quiabeiro. A aplicação de ácido ascórbico (60 mM) associada a irrigação com água de  $3,3 \text{ dS m}^{-1}$  na fase de vegetativa/frutificação aumentou a fitomassa seca da raiz de quiabeiro. A aplicação de peróxido de hidrogênio ácido ascórbico ( $50 \mu\text{M}$ ) associada a irrigação com água de  $3,3 \text{ dS m}^{-1}$  na de floração proporcionou maior acúmulo de fitomassa seca de raiz de quiabeiro cv. Santa Cruz 47, aos 90 dias após o semeio.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Abelmoschus esculentus* L., estresse salino, atenuantes

<sup>1</sup> Mestrando, Programa de Pós-graduação em Sistemas Agroindustriais, modalidade acadêmico, UFCG, Campus Pombal-PB, CEP 58860-000, Paulista, PB. Fone (83) 99906-3123. e-mail: flaviano-paulista@hotmail.com

<sup>2</sup> Pós-doutorando, Programa de Pós-graduação em Sistemas Agroindustriais, modalidade acadêmico, UFCG, Pombal, PB;

<sup>3</sup> Profª. Doutora, Unidade Acadêmica de Agronomia, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, UFCG, Pombal, PB;

<sup>4</sup> Prof. Doutor, Unidade Acadêmica de Agronomia, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, UFCG, Pombal, PB;

<sup>5</sup> Mestranda, Programa de Pós-graduação em Sistemas Agroindustriais, modalidade acadêmico, UFCG, Pombal-PB;

<sup>6</sup> Mestrando, Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola, UFCG, Campina Grande, PB.

## PHYTOMASSES OF OKRA CULTIVATED UNDER IRRIGATION STRATEGIES WITH SALINE WATER AND APPLICATION OF ELICITORS

**ABSTRACT:** The aim of this study was to evaluate the effects of foliar application of abiotic elicitors on the accumulation of dry phytomass of okra cultivated under irrigation strategies with saline water. The aim of this study was to evaluate the effects of foliar application of abiotic elicitors on the accumulation of dry phytomass of okra cultivated under irrigation strategies with saline water. The experimental design adopted was randomized blocks, in a  $6 \times 2$  factorial scheme, with six irrigation strategies with saline water varying according to the phenological phases of the plants [SE = irrigation with low electrical conductivity water ( $0.3 \text{ dS m}^{-1}$ ) throughout the crop cycle; VE = saline stress in the vegetative phase; FL = in the flowering phase; FR = in the fruiting phase; VE/FL = successively in the vegetative and flowering phases; VE/FR = in the vegetative and fruiting phases] and foliar application of two abiotic elicitors [ascorbic acid ( $60 \text{ mM}$ ) and hydrogen peroxide ( $50 \text{ }\mu\text{M}$ )], with five replicates. Irrigation with  $3.3 \text{ dS m}^{-1}$  water in the flowering and fruiting phases in isolation promoted greater accumulation of dry phytomass in the okra stem, 90 days after sowing. The saline stress caused by irrigation with  $3.3 \text{ dS m}^{-1}$  water during the fruiting phase promoted a higher root/shoot ratio in okra. The application of ascorbic acid ( $60 \text{ mM}$ ) associated with irrigation with  $3.3 \text{ dS m}^{-1}$  water in the vegetative/fruiting phase increased the dry mass of the okra root. The application of hydrogen peroxide ascorbic acid ( $50 \text{ }\mu\text{M}$ ) associated with irrigation with water of  $3.3 \text{ dS m}^{-1}$  at flowering time provided greater accumulation of dry phytomass of okra cv. Santa Cruz 47 roots, 90 days after sowing.

**KEYWORDS:** *Abelmoschus esculentus* L., salt stress, mitigating factors

### INTRODUÇÃO

O quiabeiro (*Abelmoschus esculentus* L.) é uma olerícola que se destaca pela importância em áreas de clima tropical e subtropical, sendo amplamente cultivado por pequenos agricultores, sobretudo no Nordeste do Brasil, em virtude de sua capacidade de adaptação a altas temperaturas e de seu reconhecido valor econômico, social e nutricional (MOHAMMED et al., 2024).

Entretanto, na região semiárida do Nordeste brasileiro, a salinidade das fontes hídricas representa uma ameaça significativa à agricultura e ao meio ambiente. O acúmulo de sais no

solo, frequentemente proporcionado pelo uso de águas subterrâneas salinas e práticas agrícolas inadequadas, ocasiona a degradação do solo, diminuição da produtividade agrícola e aumento do risco de desertificação (OSMAR NETO et al., 2025).

Com isso, torna-se imprescindível o uso de estratégias para o manejo sustentável da irrigação com águas de elevadas concentrações de sais, principalmente quando aplicadas nas diferentes fases fenológicas das culturas (MARTÍNEZ-MORENO et al., 2022). Conforme Li et al. (2019), a aplicação de água salina em fases de maior tolerância das plantas pode preservar o rendimento e a qualidade dos frutos, além de otimizar o uso dos recursos hídricos e diminuir a expansão das áreas degradadas pelo acúmulo de sais solúveis e/ou sódio trocável.

Outra estratégia promissora para aumentar a tolerância das plantas ao estresse salino consiste na aplicação de elicitores abióticos, como o ácido ascórbico e o peróxido de hidrogênio. O ácido ascórbico atua como um composto não enzimático, reduzindo o acúmulo de espécies reativas de oxigênio (EROs) e protegendo as células vegetais contra danos oxidativos causados pelo excesso de sais (EL-HAWARY et al., 2023). Já o peróxido de hidrogênio, contribui para sinalização de mecanismos de tolerância e na melhoria de aspectos fisiológicos das plantas, como a condutância estomática, a assimilação de CO<sub>2</sub>, e o acúmulo de fitomassa (KHAN et al., 2018).

Assim, objetivou-se com este estudo avaliar os efeitos da aplicação foliar de elicitores abióticos no acúmulo de fitomassas de quiabeiro cultivado sob estratégias de irrigação com águas salinas em ambiente semiárido.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em vasos adaptados como lisímetros de drenagem sob condição de campo, no Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar (CCTA) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Campus de Pombal-PB, cujas coordenadas geográficas situam-se em 6°48'16" S, 37°49'15" O e altitude média de 144 m.

O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados, em esquema fatorial 6 × 2, sendo seis estratégias de irrigação com águas salinas; dois elicitores abióticos; com cinco repetições). As estratégias de irrigação com águas salinas consistiram de dois níveis de condutividade elétrica (CEa), sendo um de baixa (CEa = 0,3 dS m<sup>-1</sup>) e outro de alta salinidade (CEa = 3,3 dS m<sup>-1</sup>), variando de acordo com as fases fenológicas das plantas: SE = irrigação com água de baixa condutividade elétrica durante todo o ciclo da cultura; VE = estresse salino

apenas na fase vegetativa; FL = na fase de floração; FR = na fase de frutificação; VE/FL = estresse salino de forma sucessiva nas fases vegetativa e na floração; e VE/FR = nas fases vegetativa e na frutificação. Os dois elicitores aplicados de forma foliar foram o ácido ascórbico (60 mM) e o peróxido de hidrogênio (50  $\mu$ M).

O estudo foi realizado com a cultivar de quiabeiro ‘Santa Cruz 47’. A adubação com N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O foi realizada de acordo com Novais et al. (1991). Determinou-se o volume de água através do balanço de água na zona radicular obtido pela diferença entre o volume aplicado no evento anterior e o volume drenado, e uma fração de lixiviação estimada em 20% a cada 15 dias. O início da irrigação com água de maior nível salino ocorreu aos 20 dias após o semeio (DAS), conforme as estratégias de manejo da salinidade. Os diferentes níveis de salinidade da água foram alcançados pela adição de NaCl, de acordo com os tratamentos pré-determinados, utilizando-se água (0,3 dS m<sup>-1</sup>) da rede de abastecimento de Pombal - PB. No preparo da água foi considerada a relação entre CEa e concentração de sais ( $\text{mg L}^{-1} = 640 \times \text{CEa} - \text{dS m}^{-1}$ ), conforme Richards (1954).

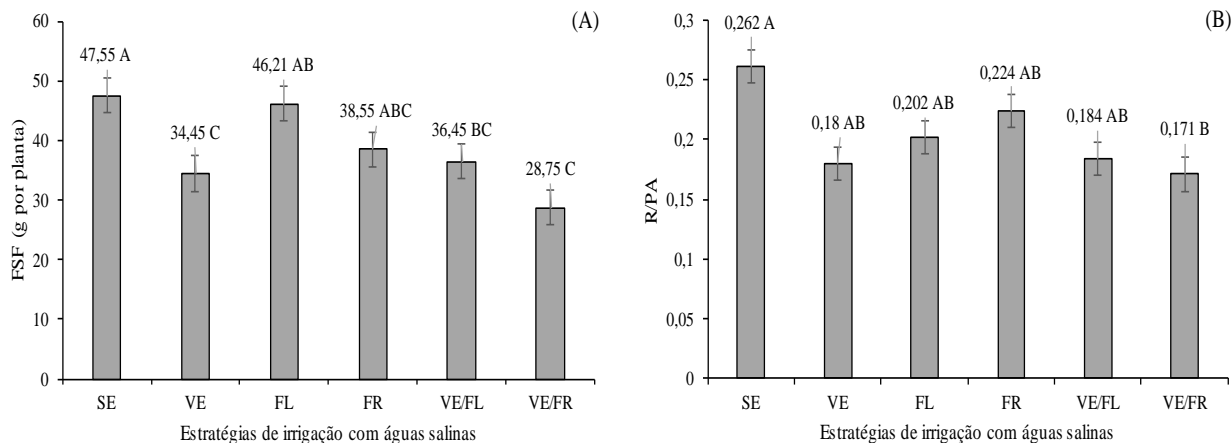
As aplicações de ácido ascórbico e peróxido de hidrogênio foram iniciadas 48 horas antes da a irrigação das águas salinas, utilizando um pulverizador manual de modo a se obter o molhamento completo nas faces abaxial e adaxial das folhas, realizadas a partir das 17:00h. Para evitar a deriva das soluções entre os tratamentos foi feito o isolamento das plantas com uma lona plástica. Posteriormente as aplicações ocorreram a cada 15 dias.

Foram avaliados aos 90 DAS o acúmulo de fitomassas secas do caule (FSC), de folhas (FSF), de raiz (FSR), total (FST) e relação raiz/parte aérea (R/PA). Os dados coletados foram submetidos à análise de variância pelo teste F. Nos casos de significância, para comparação das medias foi realizado o teste de Tukey (em nível de probabilidade  $p \leq 0,05$  para as estratégias de irrigação com água salina e os elicitores, utilizando-se o software Sisvar (FERREIRA, 2019).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As estratégias de manejo de irrigação com água salina influenciaram de forma significativa a fitomassa seca de folhas – FSF e a relação raiz parte/aérea – R/PA das plantas de quiabeiro cv. Santa Cruz 47. Para a FSF (Figura 1A), observa-se que plantas irrigadas com água de elevada salinidade na fase vegetativa (VE) e de forma consecutiva nas fases vegetativa e de frutificação (VE/FR) obtiveram o menor acúmulo de fitomassa, diferindo-se de forma significativa das que receberam SE e FL. Já para a R/PA (Figura 1B), verifica-se que as plantas

sob irrigação com água salina nas fases VE/FR diferiram de forma significativa apenas em relação as submetidas a menor nível salino da água durante todo o ciclo de cultivo (SE), contudo não diferiu das estratégias VE, FL, FR e VE/FR.



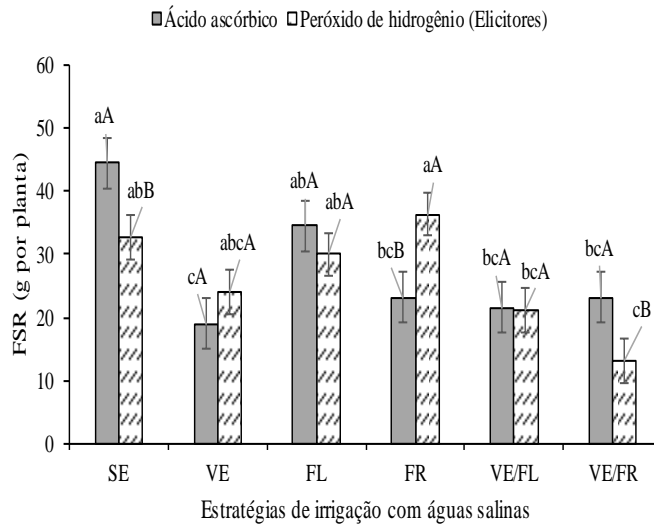
As barras verticais representam o erro padrão (n = 5). Média seguida por letras diferentes difere de forma significativa pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ). SE – Irrigação com água de baixa condutividade elétrica durante todo o ciclo da cultura; VE – irrigação com água de elevada salinidade na fase vegetativa; FL - na fase de floração; FR - na fase de frutificação; VE/FL - nas fases vegetativa e de floração; VE/FR - nas fases vegetativa e de Frutificação.

**Figura 1.** Fitomassa seca de folhas – FSF (A) e relação raiz/parte aérea – R/PA (B) de quiabeiro cv. Santa Cruz 47, em função das estratégias de irrigação com águas salinas, aos 90 dias após o semeio.

De forma geral o estresse salino afetou a FSF e R/PA, reduzindo a produção de matéria seca em ambas, indicando uma resposta adaptativa ou, em alguns casos, uma inibição no crescimento, além disso, pode interferir na absorção de nutrientes, como potássio, cálcio e nitrogênio, devido à competição com íons de sódio e cloreto no solo. A inibição do crescimento normalmente estar associada à menor absorção de água em decorrência da diminuição do potencial osmótico do solo; esse processo leva à desidratação das células e à redução da pressão de turgescência (ZHAO et al. 2021).

Quanto a fitomassa seca de raiz – FSR (Figura 2), para desdobramento das estratégias de irrigação em cada elicitor, verifica-se que o ácido ascórbico, a estratégia SE (sem estresse ao longo do ciclo da cultura) obteve os maiores valores médios, porém não diferiu das plantas sob estratégia FL. Já para o peróxido de hidrogênio, verifica-se que as plantas sob estratégia FR obtiveram os maiores valores médios de FSR, porém não diferiu das plantas sob estratégia SE, VE e FL. De uma forma geral, podemos observar que tanto para o ocorrido na FSR quanto o ocorrido na FSC e R/PA (Figura 1A e B) que o estresse salino imposto na fase vegetativa de forma isolada quanto associada com outra fase fenológica ocasionou inibição no aporte de fitomassas, e isso pode ser atribuído susceptibilidade aos efeitos deletérios dos sais solúveis da água de irrigação, além disso, a duração do tempo de estresse favorece a maiores danos a

morfofisiologia das plantas. Vale ressaltar que o nível de sensibilidade e/ou resistência das culturas à salinidade pode diferir conforme a fase de crescimento da planta, no entanto, a maior parte das espécies cultivadas, sobretudo as economicamente relevantes, apresentam maior vulnerabilidade ao estresse salino durante os estádios fenológicos iniciais (ARAÚJO et al., 2016).



As barras verticais representam o erro padrão (n = 5). SE – Irrigação com água de baixa condutividade elétrica (0,3 dS m<sup>-1</sup>) durante todo o ciclo da cultura; VE – Estresse salino apenas na fase vegetativa; FL - Estresse salino apenas na fase de floração; FR - Estresse salino apenas na fase de frutificação; VE/FL - Estresse salino apenas na fase vegetativa e de floração; VE/FR - Estresse salino apenas na fase vegetativa e de Frutificação.

**Figura 2.** Fitomassa seca de raiz de quiabeiro cv. Santa Cruz 47, em função da interação entre as estratégias de irrigação com águas salinas e os elicitores abióticos, aos 90 dias após o semeio.

Para o desdobramento dos elicitores em cada estratégia da salinidade, verifica-se diferenças nas plantas sob as estratégias SE e VE/FR, onde o ácido ascórbico proporcionou maiores valores. Isso pode ser atribuído a ação antioxidante desse composto, e seu papel na proteção de o qual pode ter protegido as células das plantas contra danos oxidativos impostos pelo estresse salino, mencionado anteriormente por El-Hawary et al. (2023), fator crucial principalmente em se tratando das plantas que receberam estresse de forma intermitente (VE/FR), favorecendo o uso de água de maior condutividade. Nas plantas cultivadas sob estresse salino na fase de frutificação (FR) o peróxido de hidrogênio proporcionou maiores valores para FSR. O H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> interage com ácido abscísico (ABA) e auxinas, promovendo o alongamento radicular e a absorção de nutrientes em condições salinas (LI et al., 2024), fato que pode ter favorecido em maior acúmulo de FSR das plantas FL.

## CONCLUSÕES

A irrigação com água de 3,3 dS m<sup>-1</sup> nas fases de floração e frutificação de forma isolada promoveu maior acúmulo de fitomassa seca das folhas de quiabeiro, aos 90 dias após o semeio.

O estresse salino ocasionado pela irrigação com água de 3,3 dS m<sup>-1</sup> na fase de frutificação promoveu maior relação raiz/parte aérea de quiabeiro.

A aplicação de ácido ascórbico (60 mM) associada a irrigação com água de 3,3 dS m<sup>-1</sup> na fase de vegetativa/frutificação aumentou a fitomassa seca da raiz de quiabeiro.

A aplicação de peróxido de hidrogênio ácido ascórbico (50 µM) associada a irrigação com água de 3,3 dS m<sup>-1</sup> na de floração proporcionou maior acúmulo de fitomassa seca de raiz de quiabeiro cv. Santa Cruz 47, aos 90 dias após o semeio.

## AGRADECIMENTOS

Agradecimentos ao INCT em Agricultura Sustentável no Semiárido Tropical-INCTAGriS (CNPq/Funcap/Capes), processos 406570/2022-1 (CNPq) e Processo INCT-35960-62747.65.95/51 (Funcap)

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, E. B. G.; SÁ, F. V. DA S.; OLIVEIRA, F. A. DE; SOUTO, L. S.; PAIVA, E. P. DE; SILVA, M. K. DO N., MESQUITA, E. F. DE; BRITO, M. E. B. Crescimento inicial e tolerância de cultivares de meloeiro à salinidade da água. **Revista Ambiente & Água**, v.11, p. 462-471, 2016.

EL-HAWARY, M. M.; HASHEM, O. S. M.; HASANUZZAMAN, M. Seed priming and foliar application with ascorbic acid and salicylic acid mitigate salt stress in wheat. **Agronomy**, v.13, p.1-19, 2023.

FERREIRA, D. F. Sisvar: A computer analysis system to fixed effects split-plot type designs. **Revista Brasileira de Biometria**, v.37, p.529-535, 2019.

KHAN, T. A.; YUSUF, M.; FARIDUDDIN, Q. Hydrogen peroxide in regulation of plant metabolism: Signalling and its effect under abiotic stress. **Photosynthetica**, v.56, p.1237-1248, 2018.

LI, J.; CHEN, J.; QU, Z.; WANG, S.; HE, P.; ZHANG, N. Effects of alternating irrigation with fresh and saline water on the soil salt, soil nutrients, and yield of tomatoes. **Water**, v.11, p.1-19, 2019.

MARTÍNEZ-MORENO, A.; PÉREZ-ÁLVAREZ, E.; LÓPEZ-URREA, R.; INTRIGLIOLO, D.; GONZÁLEZ-CENTENO, M. R.; TEISSEDRE, P. L.; GIL-MUÑOZ, R. Is deficit irrigation with saline waters a viable alternative for winegrowers in semiarid areas? **OENO One**, v.56, p.101–116, 2022.

MOHAMMED, H. Y.; TEFERRA, T. F.; SIME, G. Indigenous knowledge and nutritional and morphological characterization of okra (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench) varieties in Western Ethiopia. **Food Science & Nutrition**, v.12, p.2537–2550, 2024.

MOTA, W. F.; FINGER, F. L.; CASALI, V. W. D. **Olericultura: Melhoramento Genético do Quiabeiro**. Viçosa:UFV, Departamento de Fitotecnia, 2000. 144 p.

OSMAR NETO; RIBEIRO, M.; SILVA, B.; BEZERRA, Y.; AMARO, N.; FRANÇA, K. Performance evaluation of a reverse osmosis membrane desalination equipment for application in rural communities in the Brazilian semi-arid region. **Water Practice and Technology**, v.20, p.518–526, 2025.

RICHARDS, L. A. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Washington: U. S. Department of Agriculture, 1954. 160p. (USDA, **Agriculture Handbook**, 60).

ZHAO, S.; ZHANG, Q.; LIU, M.; ZHOU, H.; MA, C.; WANG, P. Regulation of plant responses to salt stress. **International Journal of Molecular Sciences**, v.22, 4609, 2021.