

ÍNDICES FISIOLÓGICOS DE QUIABEIRO CULTIVADO SOB ESTRATÉGIAS DE IRRIGAÇÃO COM ÁGUAS SALINAS E ELICITORES

Flaviano Moura Pereira¹, Saulo Soares da Silva², Lauriane Almeida dos Anjos Soares³, Geovani Soares de Lima⁴, Flávia de Sousa Almeida⁵, Vitor Manoel Bezerra da Silva⁶

RESUMO: Objetivou-se com este estudo avaliar os efeitos da aplicação foliar de elicitores abióticos nos índices fisiológicos 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 4×2 , sendo quatro estratégias de irrigação com águas salinas variando 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 imposto pela condutividade elétrica de $3,3 \text{ dS m}^{-1}$ na fase vegetativa; FL = na fase de floração; e VE/FL = de forma sucessiva nas fases vegetativa e na de floração] e aplicação foliar de dois elicitores abióticos [ácido ascórbico (60 mM) e peróxido de hidrogênio ($50 \text{ }\mu\text{M}$)], com cinco repetições. A irrigação com água de $3,3 \text{ dS m}^{-1}$ nas fases vegetativa e vegetativa/floração inibem as taxas de crescimento absoluto para diâmetro do caule, altura de plantas e área foliar de quiabeiro cv. Santa Cruz 47, e aumentam com a salinidade na fase de floração.

PALAVRAS-CHAVE: *Abelmoschus esculentus* L., estresse salino, taxas de crescimento

¹ 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;

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

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

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

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

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

PHYSIOLOGICAL INDEXES OF OKRA GROWN UNDER IRRIGATION STRATEGIES WITH SALINE WATER AND ELICITORS

ABSTRACT: The aim of this study was to evaluate the effects of foliar application of abiotic elicitors on the physiological indices of okra cultivated under irrigation strategies with saline water. The experiment was conducted in vessels adapted as drainage lysimeters under field conditions, at the Center for Agrofood Science and Technology of the Federal University of Campina Grande, Pombal-PB Campus. The experimental design adopted was randomized blocks, in a 4×2 factorial scheme, with four irrigation strategies with saline water varying the phenological phases of the plants [SE = irrigation with water with low electrical conductivity (0.3 dS m^{-1}) throughout the crop cycle; VE = saline stress imposed by electrical conductivity of 3.3 dS m^{-1} in the vegetative phase; FL = in the flowering phase; and VE/FL = successively in the vegetative and flowering phases] and foliar application of two abiotic elicitors [ascorbic acid (60 mM) and hydrogen peroxide ($50 \text{ }\mu\text{M}$)], with five replicates. Irrigation with 3.3 dS m^{-1} water in the vegetative and vegetative/flowering phases inhibits the absolute growth rates for stem diameter, plant height and leaf area of okra cv. Santa Cruz 47, and increases with salinity in the flowering phase.

KEYWORDS: *Abelmoschus esculentus* L., salt stress, growth rates

INTRODUÇÃO

O quiabeiro (*Abelmoschus esculentus* L.) se destaca pela versatilidade de usos e valor nutricional de seus frutos, que possuem altos teores de fibras, vitaminas e propriedades terapêuticas, oferecendo benefícios à saúde e contribuindo para a diversificação agrícola (RANGA et al., 2024).

Devido à sua rusticidade e resistência a altas temperaturas, o quiabeiro se adapta bem ao clima brasileiro, sendo cultivado principalmente nas regiões Sudeste e Nordeste (BIZERRA et al., 2024). Em regiões semiáridas, como o Nordeste brasileiro, as características edafoclimáticas contribuem para o aumento do risco de salinização do solo, sobretudo em cenários de irrigação com água de elevadas concentrações de sais (PEREIRA et al., 2023).

A presença excessiva de sais na água e/ou no solo se destaca como um dos fatores abióticos de maior impacto negativo sobre a fisiologia do desenvolvimento das plantas, uma

vez que interfere na absorção de nutrientes, comprometendo, dessa forma, o crescimento e produção das culturas (FARIAS et al., 2024).

Nesse sentido, diversos estudos demonstram que o manejo adequado da irrigação com água salina, considerando o estágio de desenvolvimento das culturas, pode atenuar os efeitos adversos do estresse salino, preservar o rendimento e inclusive melhorar características de qualidade dos frutos (LIMA et al., 2022).

Uma alternativa que vem sendo utilizada é a aplicação foliar de elicitores, como o ácido ascórbico e do peróxido de hidrogênio. O ácido ascórbico é um composto não enzimático que participa da regulação de diversos processos fisiológicos e bioquímicos essenciais, incluindo a germinação de sementes, fotossíntese, indução floral, expansão de frutos e regulação de espécies reativas de oxigênio (EROs) (AKRAM et al., 2017). Por sua vez, o peróxido de hidrogênio atua como um hormônio sinalizador, cuja função é controlada por sua produção e eliminação, de modo a intervir na regulação de processos biológicos como crescimento, elevação da concentração de íons Ca^{2+} nos tecidos vegetais e ajuste osmótico através do incremento na síntese de osmólitos como a prolina (ZHANG et al., 2022).

Diante do exposto, objetivou-se com este estudo avaliar os efeitos da aplicação foliar de elicitores abióticos nos índices fisiológicos de quiabeiro cultivado sob estratégias de irrigação com águas salinas.

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 4×2 , 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^{-1}) e outro de alta salinidade (CEa = 3,3 dS m^{-1}), 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; e VE/FL = estresse salino de forma

sucessiva nas fases vegetativa e na floração. Os dois elicitores aplicados de forma foliar foram o ácido ascórbico (60 mM) e o peróxido de hidrogênio (50 μ M).

O estudo foi realizado com a cultivar de quiabeiro ‘Santa Cruz 47’. A adubação com N, P₂O₅ e K₂O 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⁻¹) 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.

A cada início e término de fase fenológica (30 a 60 dias após o semeio) do quiabeiro, foram mensurados o diâmetro do caule - DC, a altura de plantas - AP, e a área foliar - AF, obtendo-se, a partir desses dados, a taxa de crescimento relativo (TCR) e a taxa de crescimento absoluto (TCA), obtida conforme metodologia de (BENINCASA, 2003).

Os dados coletados foram submetidos à análise de variância pelo teste F. Nos casos de significância, para comparação das médias 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). A variável taxa de crescimento absoluto para área foliar foi transformada ($\times 0.5$) para se ajustar na análise estatística.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve diferença entre as estratégias de manejo da salinidade (EM) para as variáveis taxa de crescimento absoluto para diâmetro do caule (TCAdc), taxa de crescimento absoluto para altura da planta (TCAap), e taxa de crescimento absoluto para área foliar (TCAaf) (Tabela 1). Com relação aos elicitores (E), assim como a interação entre os fatores (EM x E), não se

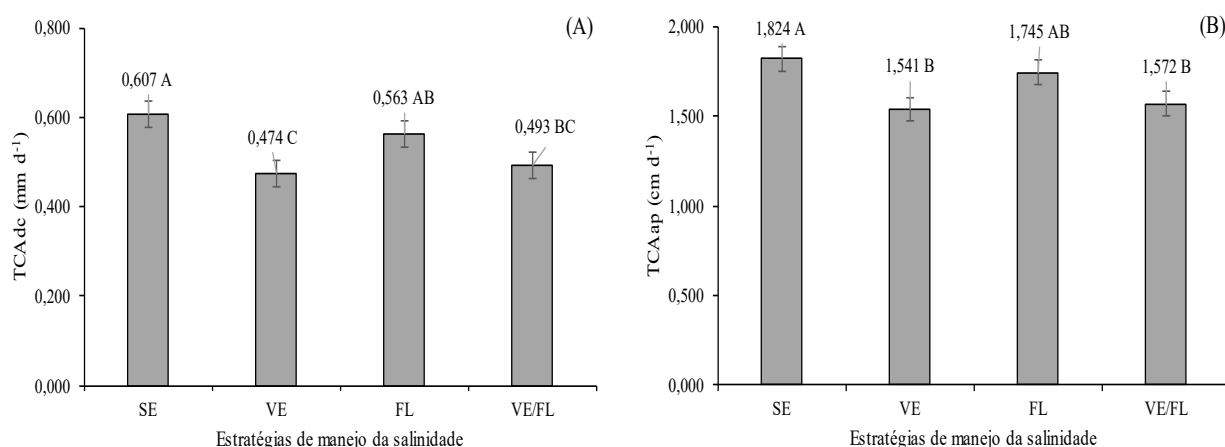
constatou efeito significativo sobre todas os índices fisiológicos analisados das plantas de quiabeiro cultivar ‘Santa Cruz 47’, dos 30 aos 60 dias após o transplântio.

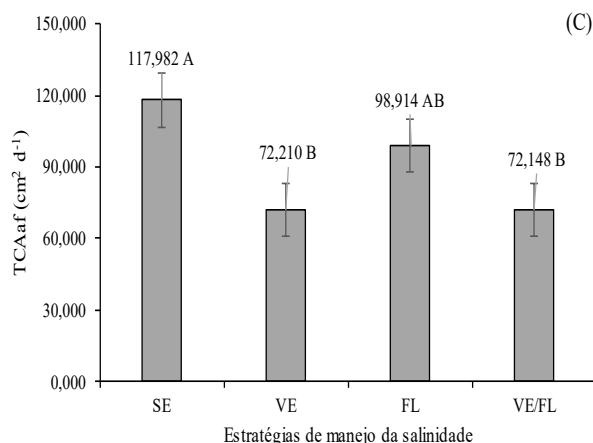
Tabela 1 – Resumo da análise de variância para taxa de crescimento absoluto para diâmetro do caule (TCAdc), taxa de crescimento absoluto para altura da planta (TCAap), taxa de crescimento absoluto para área foliar (TCAaf), taxa de crescimento relativo para diâmetro do caule (TCRdc), taxa de crescimento relativo para altura da planta (TCRap), e taxa de crescimento relativo para área foliar (TCRaf) de quiabeiro cv. Santa Cruz 47 cultivado sob estratégias de manejo da salinidade e elicitores, dos 30 aos 60 dias após o semeio.

Fonte de variação	Gl	Quadrados médios					
		TCAdc	TCAap	TCAaf ^l	TCRdc	TCRap	TCRaf
Estratégia de manejo (EM)	3	0,0381**	0,1852*	4990,78**	0,00004 ^{ns}	0,00001 ^{ns}	0,00011 ^{ns}
Elicitores abióticos (EA)	1	0,0003 ^{ns}	0,0448 ^{ns}	140,85 ^{ns}	0,00001 ^{ns}	0,00001 ^{ns}	0,00001 ^{ns}
Interação (EM x EA)	3	0,0100 ^{ns}	0,0488 ^{ns}	1245,22 ^{ns}	0,00004 ^{ns}	0,00001 ^{ns}	0,00007 ^{ns}
Blocos	4	0,0047 ^{ns}	0,2022**	1281,29 ^{ns}	0,00010*	0,00008 ^{ns}	0,00027*
Resíduo	28	0,0037	0,0408	656,25	0,00003	0,00003	0,00007
CV (%)		11,40	12,10	12,69	16,15	11,72	17,25

FV – Fonte de variação; GL - grau de liberdade; CV (%) - coeficiente de variação; **significativo em nível de 0,01 de probabilidade; * significativo em nível de 0,05% de probabilidade; ns não significativo; l dados transformados em (x0,5)

Houve efeito significativo das estratégias de irrigação com águas salinas nas taxas de crescimento absoluto em diâmetro do caule – TCAdc, altura de plantas – TCAap e área foliar – TCAaf (Figura 1A, 1B e 1C) das plantas de quiabeiro cv. Santa Cruz 47. Verifica-se que as plantas irrigadas com água de baixa condutividade elétrica durante todo o ciclo (SE) e sob estresse salino na fase de floração obtiveram os maiores valores médios de TCAdc TCAap e TCAaf. Já as plantas cultivadas sob estresse salino na fase vegetativa (VE) e estresse salino de forma sucessivo na fase vegetativa e de floração (VE/FL) alcançaram os menores valores médios de TCAdc TCAap e TCAaf.





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; VE/FL - nas fases vegetativa e de floração;

Figura 1. Taxas de crescimento absoluto em diâmetro do caule – TCAdc (A), altura de plantas - TCAap (B) e área foliar TCAaf (C) de quiabeiro cv. Santa Cruz 47, em função das estratégias de manejo da salinidade, no período de 30 a 60 dias após o semeio.

A redução nas taxas de crescimento absoluto do quiabeiro nas estratégias VE e VE/FL, pode ser atribuída ao fato de que o excesso de sais no solo resulta em diminuição do potencial osmótico da solução do solo, e o tempo de exposição das plantas ao estresse salino contribuiu para inibição do crescimento das plantas, devido ao declínio na atividade meristemática e no alongamento celular.

Além disso, a baixa disponibilidade hídrica decorrente do potencial osmótico reduz a turgescência celular, limitando a expansão das células (TAIZ et al., 2017), e o fechamento estomático diminui a assimilação de CO₂, limitando a produção de fotoassimilados necessários para o crescimento (FERNANDES et al., 2023). Outrossim, a fase vegetativa tem um maior tempo de duração e em relação aos demais estádios de desenvolvimento, e a combinação entre as fases vegetativa/floração aumentaram o período de exposição das plantas de quiabeiro ao estresse salino.

Destaca-se que o grau de sensibilidade e/ou tolerância das culturas ao estresse salino pode variar entre os estádios de desenvolvimento das plantas, porém, a maioria das culturas são mais sensíveis à salinidade nos estádios fenológicos iniciais (ARAÚJO et al., 2016), principalmente em hortaliças como o quiabeiro, considerada sensível ao estresse salino (SALES et al., 2021), sendo, a magnitude dos danos dependentes de vários fatores dentre eles da severidade e duração do estresse (GUPTA & HUANG, 2014).

CONCLUSÕES

A irrigação com água de 3,3 dS m⁻¹ nas fases vegetativa e vegetativa/floração inibem as taxas de crescimento absoluto para diâmetro do caule, altura de plantas e área foliar de quiabeiro cv. Santa Cruz 47, e aumentam com a salinidade na fase de floração.

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

AKRAM, N. A.; SHAFIQ, F.; ASHRAF, M. Ascorbic acid: a potential oxidant scavenger and its role in plant development and abiotic stress tolerance. **Frontiers in Plant Science**, v.8, p.1-17, 2017.

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.

Benincasa, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas, noções básicas**. 2 ed. Jaboticabal: FUNEP, 2003. 41p.

Bizerra, M. M. S.; Varjão, L. F. B.; Lima, F. F. de; Souza, K. B.; Souza, L. F. dos S.; Nascimento, T. P. do; Damasceno, F. F.; Costa, E. da S.; Prates, F. B. de S.; Silva, M. de O.; Costa, D. da S. Produtividade, precocidade e poda de renovação em híbridos e variedades de quiabeiro em condições semiáridas. **Periódicos Brasil**. Pesquisa Científica, v.3, p.152–169, 2024.

FARIAS, A. DOS A.; SANTOS, L. B. DOS; ANDRADE NETO, T. M. DE; SANTOS, E. B. DOS; ANJOS, J. M. X. DOS; SOUZA, A. M. S. S.; DOURADO, G. A.; PIMENTA, A. H. P.; CAVALCANTE, N. S. DE A. Utilização do peróxido de hidrogênio como mitigador da

salinidade do solo na cultura do mamão formosa. **Journal of Media Critiques**, v.10, p.1-21, 2024.

FERNANDES, C. L. et al. Stomatal limitations to growth under salinity stress. **Environmental and Experimental Botany**, v.205, p.105118, 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.

GUPTA, B.; HUANG, B. Mechanism of salinity tolerance in plants: physiological, biochemical, and molecular characterization. **International Journal of Genomics**, v.2014, p.1-18, 2014.

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. **Brazilian Journal of Agricultural and Environmental Engineering**, v.26, p.180-189, 2022.

PEREIRA, F. H. F.; SANTOS, G. L. DOS; LACERDA, F. H. D. DE; SOUSA, D. D. A. DE; SOUSA, V. F. DE O.; FERNANDES, J. E. DE M.; SILVA, S. F. DA; BARBOZA, J. B. Use of hydrogen peroxide in acclimatization of melon to salinity of irrigation water. **Brazilian Journal of Agricultural and Environmental Engineering**, v.27, p.51-56, 2023.

RANGA, A. D.; VIKRAM, A.; KUMAR, R.; DOGRA, R. K.; SHARMA, R.; SHARMA, H. R. Exploitation of heterosis and combining ability potential for improvement in okra (*Abelmoschus esculentus* L.). **Scientific Reports**, v.14, p.1-15, 2024.

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

SALES, J. R. DA S.; MAGALHÃES, C. L.; FREITAS, A. G. S.; GOES, G. F.; SOUSA, H. C. DE.; SOUSA, G. G. DE. Physiological indices of okra under organomineral fertilization and irrigated with salt water. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.25, p.466-471, 2021.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M. MURPHY, A. Fisiologia e desenvolvimento vegetal. 6.ed. Porto Alegre: **Artmed**, 2017. 735p.

ZHANG, J.; LU, M.; ZHOU, H.; DU, X.; DU, X. Assessment of salt stress to arabidopsis based on the detection of hydrogen peroxide released by leaves using an electrochemical sensor. **International Journal of Molecular Sciences**, v.23, p. 1-14, 2022.