

CRESCIMENTO DE QUIABEIRO SOB ESTRESSE SALINO E APLICAÇÃO FOLIAR DE QUITOSANA EM HIDROTONIA COM SUBSTRATO

ROSANY DUARTE SALES¹, GEOVANI SOARES DE LIMA², HANS RAJ GHEYI³,
THIAGO FILIPE DE LIMA ARRUDA⁴, LUCYELLY DÂMELA ARAÚJO BORBOREMA⁵,
PEDRO HENRIQUE DUARTE DURVAL⁶

RESUMO: Em ambientes salinos, muitas plantas sofrem desequilíbrios hormonais que comprometem a distribuição de nutrientes, resultando em menor crescimento e desenvolvimento. Diante disso, este estudo teve como objetivo avaliar os efeitos da aplicação foliar de quitosana sobre o crescimento do quiabeiro cv. Santa Cruz 47, cultivado com solução nutritiva salina em sistema hidropônico com substrato. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 5×4 , com cinco níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva – CE_{sn} (2,1; 2,9; 3,7; 4,5 e 5,3 dS m⁻¹) e quatro concentrações de quitosana – Q (0; 0,25; 0,50 e 0,75 g L⁻¹), com quatro repetições. O crescimento foi avaliado pela altura de plantas, diâmetro de caule, número de folhas e área foliar total, aos 36 dias após a germinação. Os dados obtidos foram submetidos aos testes de normalidade (Shapiro-Wilk) e homogeneidade (Bartlett) e, posteriormente, foi realizada a análise de variância pelo teste “F” ao nível de $p \leq 0,05$. Quando significativo, para os níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva e concentrações de quitosana, a análise estatística foi realizada por meio de regressão polinomial, utilizando o software SISVAR 5.6. A salinidade da solução nutritiva a partir de 2,1 dS m⁻¹ inibiu o crescimento das plantas, sendo a área foliar a variável mais sensível. A concentração testemunha (0,0 g L⁻¹) de quitosana proporcionou o melhor desempenho relacionado ao número de folhas, destacando-se em relação às demais concentrações aplicadas.

PALAVRAS-CHAVE: *Abelmoschus esculentus* L., salinidade, solução nutritiva

¹ Mestranda, Eng. Agrícola PPGEA/UFCG, Campina Grande-PB, rdrosany@gmail.com;

² DSc. em Engenharia Agrícola, Prof. Adj. CCTA, UFCG, Pombal-PB, geovani.soares@professor.ufcg.edu.br;

³ DSc. em Ciências Agrônomicas, Prof. Titular. CTRN, UFCG, Campina Grande-PB, hgheyi@gmail.com;

⁴ Doutorando, Eng. Agrícola PPGEA/UFCG, Campina Grande-PB, thiago.filipe.la@gmail.com;

⁵ Doutoranda, Eng. Agrícola PPGEA/UFCG, Campina Grande-PB, lucyellyd@gmail.com;

⁶ Graduando, Eng. Agrícola PPGEA/UFCG, Campina Grande-PB, pedro3durval3@gmail.com

GROWTH OF OKRA UNDER SALT STRESS AND FOLIAR APPLICATION OF CHITOSAN IN HYDROPONICS CULTIVATION WITH SUBSTRATE

ABSTRACT: In saline environments, many plants suffer hormonal imbalances that compromise nutrient distribution, resulting in slower growth and development. Given this, present study aimed to evaluate the effects of foliar application of chitosan on the growth of okra cv. Santa Cruz 47, grown with saline nutrient solution in a hydroponic system with substrate. The experiment was conducted in a completely randomized design, in a 5×4 factorial scheme, with five levels of electrical conductivity of the nutrient solution – ECns (2.1, 2.9, 3.7, 4.5, and 5.3 dS m^{-1}) and four concentrations of chitosan – Q (0; 0.25; 0.50 and 0.75 g L^{-1}), with four replicates. Growth was evaluated by plant height, stem diameter, number of leaves, and total leaf area 36 days after germination. The data obtained were submitted to normality (Shapiro-Wilk) and homogeneity (Bartlett) tests, and subsequently, analysis of variance was performed using the F-test at $p \leq 0.05$. When significant, for the levels of electrical conductivity of the nutrient solution and chitosan concentrations, statistical analysis was performed using polynomial regression, using SISVAR 5.6 software. The salinity of the nutrient solution above 2.1 dS m^{-1} inhibited plant growth, with leaf area being the most sensitive variable. The control concentration (0.0 g L^{-1}) of chitosan provided the best performance in terms of number of leaves, standing out in relation to the other concentrations applied.

KEYWORDS: *Abelmoschus esculentus* L., salinity, nutrient solution

INTRODUÇÃO

O quiabeiro é uma dicotiledônea da ordem Malvales e do gênero *Abelmoschus*, com caule ereto e crescimento rápido, sendo cultivado como anual em regiões temperadas e perene em áreas tropicais (Priyanka et al., 2018; Welbaum, 2024).

A cultivar Santa Cruz 47 destaca-se pela alta produtividade e uniformidade de plantas e frutos, sendo uma das mais utilizadas no Brasil (Souza et al., 2014). Em 2017, a produção nacional foi de aproximadamente 111,000 toneladas, com Minas Gerais como principal produtor (IBGE, 2025).

O semiárido brasileiro apresenta chuvas irregulares, altas temperaturas e elevada evapotranspiração, o que limita a produção agrícola e favorece o uso de águas salinas na irrigação (Silva et al., 2020). Sob alta salinidade, muitas culturas sofrem desequilíbrios hormonais que comprometem a absorção de nutrientes, inibindo o crescimento e por conseguinte a produção (Riseh et al., 2021).

Assim, torna-se necessário adotar estratégias para mitigar os efeitos deletérios do estresse salino nas plantas. Dentre as alternativas destaca-se a aplicação foliar de quitosana. A quitosana é um polissacarídeo derivado da quitina, que se destaca pelos seus efeitos benéficos no crescimento das plantas sob estresses, incluindo o salino (Moenne & González, 2021; Elsharkawy et al., 2022). Nesse contexto, esta pesquisa teve como objetivo avaliar os efeitos da aplicação foliar de quitosana no crescimento do quiabeiro cv. Santa Cruz 47, cultivado sob soluções nutritivas salinas em sistema hidropônico com substrato.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido no período de março a maio de 2025, sob condições de casa de vegetação pertencente a Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), localizada em Campina Grande, Paraíba (PB), com coordenadas geográficas 7°15'18" de latitude Sul, 35°52'28" de longitude Oeste e altitude média de 550 m. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizados, em esquema fatorial 5×4 , com cinco níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva – CE_{sn} (2,1; 2,9; 3,7; 4,5 e 5,3 dS m⁻¹) e quatro concentrações de quitosana – Q (0; 0,25; 0,50 e 0,75 g L⁻¹), com quatro repetições. Foi estudado o quiabeiro cv. Santa Cruz 47. Na condução da pesquisa utilizaram-se vasos plásticos de polietileno com 10 L de capacidade, adaptados como lisímetros preenchidos com areia tratada com peróxido de hidrogênio a 70%. Para coleta e recirculação da solução nutritiva foram utilizadas garrafas plásticas de 2 L de capacidade.

A solução nutritiva foi preparada de acordo com recomendação de Hoagland e Arnon (1950), utilizando água de abastecimento local com condutividade elétrica - CE de 0,4 dS m⁻¹, obtendo-se CE final de 2,1 dS m⁻¹. As outras soluções salinas foram preparadas mediante adição de cloreto de sódio, cálcio e magnésio, na proporção equivalente de 7:2:1 entre Na:Ca:Mg, respectivamente, conforme Medeiros (1992). No preparo das soluções salinas foi considerada a relação entre a CE e as concentrações de sais (Richards, 1954). A solução de quitosana foi preparada em cada evento de aplicação, dissolvendo-se o produto em ácido acético 0,1 M (6 mL L⁻¹) com agitador magnético e diluída nas concentrações conforme tratamentos com água destilada e espelhante adesivo não iônico (0,5 mL L⁻¹), visando à quebra da tensão da molécula de água.

Aos 36 dias após a germinação (DAG), avaliaram-se o crescimento do quiabeiro pela altura de plantas (AP, cm) medindo-se com fita métrica do colo até a inserção do meristema apical; diâmetro de caule (DC, mm) com paquímetro digital; número de folhas (NF); e área

foliar total (AFT, cm²), estimada com régua graduada conforme a (Equação 1) proposta por Fideles Filho et al. (2010).

Os dados obtidos foram submetidos aos testes de normalidade (Shapiro-Wilk) e homogeneidade (Bartlett) e, posteriormente, foi realizada a análise de variância pelo teste “F” ao nível de $p \leq 0,05$. Quando significativo, para os níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva e concentrações de quitosana, a análise estatística foi realizada por meio de regressão polinomial, utilizando o software SISVAR 5.6 (Ferreira, 2019).

$$AFT = \Sigma 0,7254 (x)^{2,08922} \quad (1)$$

Em que,

AFT - área foliar total da planta (cm²);

X - comprimento da nervura principal (cm).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve efeito significativo ($p \leq 0,01$) dos níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva sobre a altura de plantas (AP), o diâmetro do caule (DC) e a área foliar (AFT) das plantas de quiabeiro cv. Santa Cruz 47. As concentrações de quitosana, influenciaram significativamente ($p \leq 0,01$) apenas o número de folhas (NF) (Tabela 1). No entanto, a interação entre a condutividade elétrica da solução nutritiva e as concentrações de quitosana (CEsn \times Q) não afetou de forma significativa, nenhuma das variáveis de crescimento do quiabeiro cv. Santa Cruz 47, aos 36 dias após a germinação.

Tabela 1. Resumo da análise de variância para altura de plantas (AP), diâmetro do caule (DC), número de folhas (NF) e área foliar total (AF), do quiabeiro cv. Santa Cruz 47 cultivado sob soluções nutritivas com distintos níveis de condutividade elétrica (CEsn) e aplicação foliar de quitosana, aos 36 dias após a germinação (DAG).

Fontes de variação	Quadrados médios				
	GL	AP	DC	NF	AFT
Solução nutritiva salina (CEsn)	4	8,968**	5,355**	0,218 ^{ns}	1676146,635**
Regressão linear	1	18,225**	17,715**	0,000 ^{ns}	5645489,875**
Regressão quadrática	1	12,071*	0,638 ^{ns}	0,875 ^{ns}	447878,854**
Quitosana (Q)	3	9,636 ^{ns}	2,240 ^{ns}	4,812**	49846,091 ^{ns}
Regressão linear	1	14,630 ^{ns}	0,260 ^{ns}	6,502**	74568,317 ^{ns}
Regressão quadrática	1	0,028 ^{ns}	2,599 ^{ns}	6,612**	41475,099 ^{ns}
Interação (CEsn x Q)	12	17,089 ^{ns}	1,124 ^{ns}	2,260 ^{ns}	151445,898 ^{ns}
Resíduo	60	2,569	1,574	0,695	58936,338
CV (%)		7,86	18,68	11,61	26,28

ns, * e **, não significativo, significativo a $p \leq 0,05$ e $p \leq 0,01$ pelo teste F, respectivamente. CV: coeficiente de variação. GL: graus de liberdade

Para altura de plantas (Figura 1A), observa-se que o valor máximo estimado (21,46 cm) foi obtido sob CEsn de 2,1 dS m⁻¹ e o valor mínimo de 19,37 cm nas plantas submetidas a solução nutritiva de 4,5 dS m⁻¹, correspondendo a uma redução de 7,95% em relação ao valor máximo. A diminuição observada pode estar associada aos danos provocados pela salinidade, uma vez que elevadas concentrações de sais comprometem o funcionamento fisiológico das plantas, propiciando distúrbios nos equilíbrios iônico, osmótico, hormonal e nutricional, o que resulta na inibição do crescimento (Sá et al., 2019).

Em uma pesquisa realizada por Lopes (2021), ao investigar os efeitos da irrigação com águas de diferentes salinidades sobre a morfofisiologia, produção, consumo hídrico e eficiência no uso da água em plantas de quiabeiro, observou que o aumento da condutividade elétrica da água (CEa) impactou negativamente a altura das plantas do quiabeiro aos 75 dias após o transplântio (DAT).

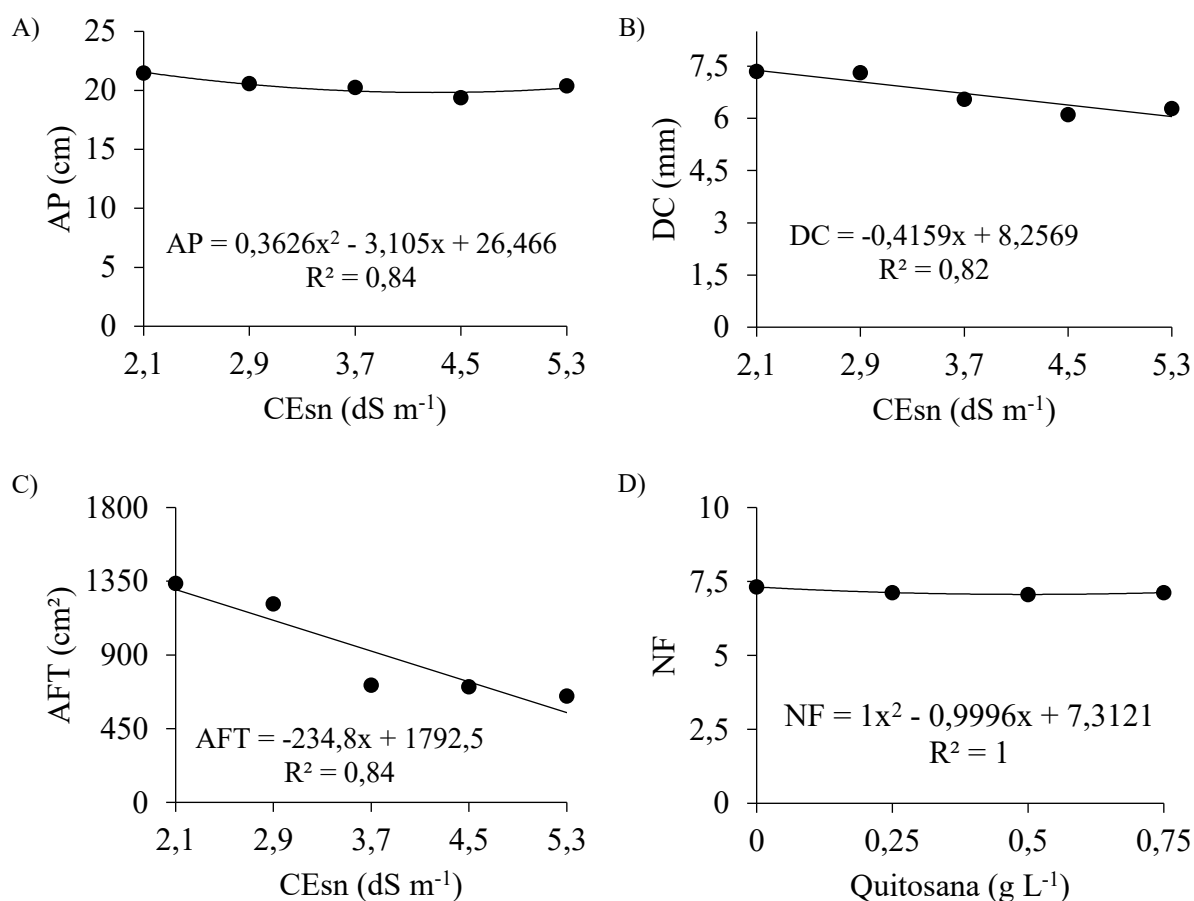


Figura 1. Altura de plantas - AP (A), diâmetro do caule - DC (B), e área foliar - AFT (C), do quiabeiro cv. Santa Cruz 47 em função dos níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva (CEsn); e número de folhas (D), em função de concentrações de quitosana, aos 36 dias após a germinação (DAG).

Para o diâmetro do caule (Figura 1B), verifica-se comportamento linear decrescente, cuja diminuição foi de 5,03% por incremento unitário da CEs_n. Em termos relativos, nota-se que as plantas submetidas a CEs_n de 4,5 dS m⁻¹ tiveram diminuição no crescimento em DC de 18,02% em relação as que receberam CEs_n de 2,1 dS m⁻¹. O efeito do estresse salino pode estar relacionado ao excesso de sais solúveis presentes na água de irrigação, que ocasiona o estresse osmótico (Taiz et al., 2017), fato que, plantas sensíveis aos sais tendem a reduzir a absorção de água, e isso é rapidamente refletido na taxa de crescimento (Silva et al., 2022).

De forma semelhante, Sousa (2023) constatou uma redução linear no diâmetro do caule das plantas de quiabeiro em função do incremento na condutividade elétrica da solução nutritiva, com decréscimo de 5,25% por aumento unitária da CE entre 2,1 e 6,6 dS m⁻¹. Tal comportamento é compatível com os resultados obtidos na presente pesquisa.

Para a área foliar total (Figura 1C), constata-se um declínio de 13,1% para cada incremento unitário na condutividade elétrica da solução nutritiva (CE_s), resultando em uma redução relativa total de 57,82%. A inibição do crescimento pelo incremento da salinidade da solução nutritiva reflete os efeitos osmóticos que restringe a absorção de água e nutrientes, diminuindo a pressão de turgescência celular.

Esse comportamento pode ser justificado pelo fato de que o aumento da salinidade interfere precocemente na taxa de expansão das folhas, uma vez que, área foliar maior está associada a uma maior perda de água por evapotranspiração, o que compromete a sobrevivência das culturas. Como mecanismo de adaptação ao estresse abiótico, as plantas passam a apresentar modificações morfológicas, como a redução da divisão e expansão celular nas folhas, resultando em menor área foliar (Taiz et al., 2017; Sousa et al., 2020).

Na pesquisa realizada por Mendonça (2024), que avaliou o uso do ácido salicílico como atenuante do estresse salino em plantas de quiabeiro cv. Canindé cultivadas em sistema hidropônico tipo NFT (Nutrient Film Technique), foi observado que a partir da salinidade de 3,0 dS m⁻¹ houve uma redução progressiva na área foliar das plantas, indicando sensibilidade das plantas ao aumento da condutividade elétrica da solução nutritiva.

Em relação aos efeitos de quitosana no número de folhas (Figura 1D), observa-se que a ausência de aplicação foliar de quitosana (0 g L⁻¹) resultou no valor máximo estimado de 7,3 folhas, enquanto a concentração de 0,75 g L⁻¹ ocasionou uma redução de 3,42%, em comparação com a concentração testemunha. Esse resultado indica que, a ausência da quitosana favoreceu o desenvolvimento foliar, sugerindo que as concentrações aplicadas podem não ter promovido efeitos estimulantes sobre essa variável.

Em contrapartida, Ullah et al. (2020) relataram efeito oposto em suas condições experimentais, nas quais a aplicação de quitosana sob estresse salino promoveu um aumento significativo no número de folhas das plantas do tomateiro. Esse efeito positivo está associado à capacidade da quitosana de elevar os níveis de fósforo e potássio nas plantas, contribuindo para o aumento do número e tamanho das células, desenvolvimento dos cloroplastos e maior síntese de clorofila (Latif & Mohamed, 2016).

CONCLUSÕES

A salinidade da solução nutritiva a partir de 2,1 dS m⁻¹ inibe o crescimento do quiabeiro cv. Santa Cruz 47, sendo a área foliar a variável mais sensível.

Na concentração testemunha (0 g L⁻¹), a quitosana proporcionou o melhor desempenho relacionado ao número de folhas, destacando-se em relação às demais concentrações aplicadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ELSHARKAWY, M. M.; OMARA, R. I.; MOSTAFA, Y. S.; ALAMRI, S. A.; HASHEM, M.; ALRUMMAN, S. A.; AHMAD, A. A. Mechanism of wheat leaf rust control using chitosan nanoparticles and salicylic acid. **Journal of Fungi**, v. 8, e304, 2022.
- 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.
- FIDELES FILHO, J. BELTRÃO, N. E. M., PEREIRA, A. S. Desenvolvimento de uma régua para medidas de área foliar do algodoeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, p. 736-741, 2010.
- HOAGLAND, D. R.; ARNON, D. I. **The water-culture method for growing plants without soil**. Circular. Berkeley: California Agricultural Experiment Station, v. 347, 1950. 32p.
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo agropecuário 2017**. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2025.

LATIF, H. H.; MOHAMED, H. I. Exogenous applications of moringa leaf extract effect on retrotranspiration, ultrastructural and biochemical contents of common bean plants under environmental stresses. **South African Journal of Botany**, v. 106, p. 221-231, 2016.

LOPES, I. A. P. **Aplicação exógena de peróxido de hidrogênio como atenuante ao estresse salino em quiabeiro**. 2021. 57p. Dissertação (Mestrado em Horticultura Tropical) – Universidade Federal de Campina Grande, Pombal-PB.

MEDEIROS, J. F. **Qualidade de água de irrigação e evolução da salinidade nas propriedades assistidas pelo GAT nos Estados de RN, PB e CE**. 1992. 196p. (Dissertação de Mestrado em Engenharia Agrícola), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba - Campus II Campina Grande - Brasil, 1992.

MENDONÇA, A. J. T.; LIMA, G. S. de; SOARES, L. A. dos A.; SÁ, V. K. N. O. de; SILVA, S. S. da; TORRES, R. A. F.; FERREIRA, J. T. A.; GHEYI, H. R. Gas exchange, photochemical efficiency and growth of hydroponic okra under salt stress and salicylic acid. **Revista Caatinga**, v. 37, e12143, 2024.

MOENNE, A.; GONZÁLEZ, A. Chitosan-, alginate- carrageenan-derived oligosaccharides stimulate defense against biotic and abiotic stresses, and growth in plants: a historical perspective. **Carbohydrate Research**, v. 503, p. 1–9, 2021.

PRIYANKA, D. V.; REDDY, M. T.; BEGUM, H.; SUNIL, N.; JAYAPRADA, M. Studies on genetic variability, heritability and genetic advance in genotypes of okra [*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench]. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**, v. 7, n. 5, p. 401–411, 2018.

RICHARDS, L. A. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, Agricultural Handbook No. 60, 1954. 160p.

RISEH, R.; EBRAHIMI-ZARANDI, M.; TAMANADAR, E.; POUR, M.; THAKUR, V. K. Salinity stress: toward sustainable plant strategies and using plant growth-promoting rhizobacteria encapsulation for reducing it. **Sustainability**, v. 13, n. 22, p. 1–20, 2021.

SÁ, F. V. da S.; GHEYI, H. R.; LIMA, G. S. de; PAIVA, E. P. de; SILVA, L. de A.; Moreira, R. C. L.; FERNANDES, P. D.; DIAS, A. S. Ecophysiology of West Indian cherry irrigated with saline water under phosphorus and nitrogen doses. **Bioscience Journal**, v.35, p.211-221, 2019.

SILVA, E. B.; VIANA, T. V. A.; SOUSA, G. G.; SOUSA, J. T. M.; SANTOS, M. F.; AZEVEDO, B. M. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 26, p. 495-501, 2022.

SILVA, V. B. da; SOUZA, I. da S. M. de; ASSIS, H.J. C. de. Okra cultivars under different pollinations and their effects on the physical and physiological quality of seeds. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, p. 94728–94738, 2020.

SOUSA, G. G.; MENDONÇA, A. M.; SALES, J. R. S.; JUNIOR, F. B. S.; MORAES, J. G. L.; SOUSA, J. T. M. Morphophysiological characteristics of okra plants submitted to saline stress in soil with organic fertilizer. **Comunicata Scientiae**, v. 11, p. 3241-3241, 2020.

SOUSA, P. F. do N.; DANTAS, M. V.; LIMA, G. S. de; SOARES, L. A. dos A.; GHEYI, H. R.; SILVA, L. de A.; LOPES, K. P.; FERNANDES, P. D. Hydroponic cultivation of okra using saline nutrition solutions under application of salicylic acid. **Revista Caatinga**, v. 36, n. 4, p. 916–928, 2023.

SOUZA, I. M.; SOUZA, J. A. M.; ALVES, J. D. N.; PIRES, E. S.; CORDEIRO, R. A. M. Avaliação da produção de mudas de quiabeiro em estufa com diferentes substratos orgânicos. **Nucleus**, v. 11, p. 73-82, 2014.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 819p.

ULLAH, N.; BASIT, A.; AHMAD, I.; ULLAH, I.; SHAH, S. T.; MOHAMED, H. I.; JAVED, S. Mitigation of adverse effects of salt stress on the performance of tomato crop by exogenous application of chitosan. **Bulletin of the National Research Centre**, v. 44, p. 181, 2020.

WELBAUM, G.E. **Vegetable seeds: production and technology**. Wallingford: CABI, 2024. p. 269–277.