

CRESCIMENTO DO QUIABEIRO SOB SOLUÇÕES NUTRITIVAS SALINAS E QUITOSANA EM HIDROPONIA COM SUBSTRATO

ROSANY DUARTE SALES¹, GEOVANI SOARES DE LIMA², HANS RAJ GHEYI³, THIAGO FILIPE DE LIMA ARRUDA⁴ e DENIS SOARES COSTA⁵

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

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

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

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

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

RESUMO: O quiabo, uma hortaliça pertencente à família Malvaceae e originária da África, é amplamente consumido no Brasil e apresenta boa adaptação às condições de clima tropical e subtropical. Este estudo teve como objetivo avaliar os efeitos da salinidade da solução nutritiva e da aplicação foliar de quitosana sobre o crescimento do quiabeiro cultivar Santa Cruz 47, conduzido em sistema hidropônico com substrato inerte. O experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 5×2 , com cinco níveis de condutividade elétrica (2,1; 2,9; 3,7; 4,5 e 5,3 dS m^{-1}) e duas concentrações de quitosana (0 e 0,25 g L^{-1}). Aos 33 dias após a germinação, foram avaliadas as variáveis altura de planta, diâmetro do caule, número de folhas e área foliar total. Os resultados indicaram que o aumento da salinidade comprometeu significativamente todas as variáveis analisadas, promovendo uma redução progressiva no crescimento das plantas. A aplicação de quitosana apresentou efeito parcial, com discreto aumento na altura de plantas sob baixa salinidade, mas reduziu o número de folhas. A interação entre salinidade e quitosana foi significativa apenas para a variável altura de planta.

PALAVRAS-CHAVE: Estresse oxidativo, quiabo, salinidade.

GROWTH OF QUIABEIRO UNDER SALINE NUTRITIONAL SOLUTIONS AND CHITOSAN IN HYDROPONICS WITH SUBSTRATE

ABSTRACT: Okra, a vegetable belonging to the Malvaceae family and native to Africa, is widely consumed in Brazil and adapts well to tropical and subtropical climates. This study aimed to evaluate the effects of nutrient solution salinity and foliar application of chitosan on the growth of the Santa Cruz 47 okra cultivar, grown in a hydroponic system with inert substrate. The experiment was conducted in a completely randomized design, in a 5×2 factorial scheme, with five levels of electrical conductivity (2.1, 2.9, 3.7, 4.5, and 5.3 dS m^{-1}) and two concentrations of chitosan (0 and 0.25 g L^{-1}). Thirty-six days after germination, the variables plant height, stem diameter, number of leaves, and total leaf area were evaluated. The results indicated that increased salinity significantly compromised all variables analyzed, promoting a progressive reduction in plant growth. The application of chitosan had a partial effect, with a slight increase in plant height under low salinity, but reduced the number of leaves. The interaction between salinity and chitosan was significant only for the plant height variable.

KEYWORDS: Oxidative stress, okra, salinity.

INTRODUÇÃO

Abelmoschus esculentus (L.) Moench, conhecido como quiabo, é uma hortaliça da família Malvaceae. A produção de sementes dessa cultura cresceu aceleradamente, com destaque para a cultivar “Santa Cruz 47”, que representa cerca de 90% do mercado nacional (Gemede et al., 2018). A espécie tem ciclo curto, baixo custo, resistência a pragas e valor nutricional (Costa et al., 2017).

O semiárido nordestino possui clima adverso, com alta evapotranspiração e chuvas mal distribuídas, favorecendo déficit hídrico e acúmulo de sais na água de irrigação (Silva et al., 2022), o que limita o desenvolvimento das culturas pela redução do potencial hídrico e osmótico do solo, afetando a absorção de água e nutrientes (Silva et al., 2022).

Assim, torna-se necessário mitigar os efeitos da salinidade para que se obtenha um maior potencial produtivo. A quitosana, biopolímero da desacetilação da quitina, tem destacado sua capacidade de promover o crescimento vegetal sob estresse salino (Elsharkawy et al., 2022). Dessa, forma, essa pesquisa teve como objetivo avaliar os efeitos da aplicação foliar de quitosana no desenvolvimento vegetativo do quiabeiro ‘Santa Cruz 47’, cultivado em sistema de hidroponia com substrato e solução nutritiva salina de condutividade elétrica variada.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido de março a maio de 2025, em ambiente protegido (casa de vegetação) da 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 delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial 5×2 , com cinco níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva - CEsn (2,1; 2,9; 3,7; 4,5 e 5,3 dS m^{-1}) e duas concentrações de quitosana - Q (0 e 0,25 g L^{-1}). Utilizaram-se vasos de 10 L adaptados como lisímetros de drenagem, preenchidos com areia lavada tratada com peróxido de hidrogênio a 70%, as bases, apoiadas sobre tijolos, continham manta geotêxtil coberta por 3 cm de brita, permitindo a drenagem, coletada em garrafas PET de 2 L acopladas aos lisímetros.

A solução nutritiva foi preparada conforme Hoagland e Arnon (1950), utilizando água local (CE de 0,4 dS m^{-1}), obtendo CEsn final de 2,1 dS m^{-1} . As soluções salinas seguiram a proporção equivalente de 7:2:1 de Na:Ca:Mg (Medeiros, 1992), com concentrações baseadas em correlação entre concentração e CE (Richards, 1954). A quitosana foi preparada no momento da aplicação, dissolvendo-se o produto em ácido acético 0,1 M (6 mL L^{-1}) com agitador magnético e diluída nas concentrações dos tratamentos com água destilada e espalhante adesivo não iônico (0,5 mL L^{-1}), visando à melhor absorção foliar. Aos 33 dias após a germinação (DAG), avaliaram-se a altura de planta (AP, cm); diâmetro de caule (DC, mm) medida com paquímetro digital; número de folhas (NF); e área foliar total (AF, cm^2), estimada com régua graduada.

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

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve efeito significativo ($p \leq 0,01$) da salinidade da solução nutritiva sobre a altura de planta (AP), o diâmetro do caule (DC), número de folhas (NF) e área foliar total (AF). As concentrações de quitosana, avaliadas isoladamente, influenciaram significativamente ($p \leq 0,05$) 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) apresentou efeito significativo ($p \leq 0,05$) apenas sobre a variável altura de planta (AP).

Tabela 1. Resumo das análises de variâncias para altura de plantas (AP), diâmetro do caule (DC), número de folhas (NF) e área foliar (AF) das plantas do quiabeiro cv Santa Cruz 47 cultivado sob solução nutritiva salina (CEsn) e concentrações de quitosana (Q) em sistema de hidroponia com substrato, aos 33 dias após a germinação.

Fontes de variação	Quadrados médios				
	GL	AP	DC	NF	AF
Solução nutritiva salina (CEsn)	4	10,15**	1,25**	2,18**	664558,48**
Regressão linear	1	36,88**	4,82**	8,45**	2630223,56**
Regressão quadrática	1	0,52 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,14 ^{ns}	15987,85 ^{ns}
Quitosana (Q)	1	0,71 ^{ns}	0,07 ^{ns}	2,02*	1711,25 ^{ns}

Regressão linear	1	0,68 ^{ns}	0,07 ^{ns}	2,03*	1711,26 ^{ns}
Regressão quadrática	1	0,00001 ^{ns}	0,00001 ^{ns}	0,00001 ^{ns}	0,00001 ^{ns}
Interação (CESn x Q)	4	2,46*	0,72 ^{ns}	0,33 ^{ns}	22679,1 ^{ns}
Resíduo	30	0,61	0,30	0,44	40940,86
CV (%)		3,75	7,94	9,01	19,44

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

A altura das plantas de quiabo foi significativamente influenciada pela condutividade elétrica da solução nutritiva (CESn) e pela aplicação de quitosana, conforme a Figura 1A. A maior média (22,21 cm) ocorreu na menor salinidade ($2,1 \text{ dS m}^{-1}$) e concentração de quitosana ($0,25 \text{ g L}^{-1}$), com aumento de 1,21% (0,26 cm) em relação à ausência de quitosana no mesmo nível salino. Observou-se tendência de redução da altura com o aumento da salinidade e da concentração de quitosana. Resultados semelhantes foram obtidos por Pereira et al. (2018), que constataram redução no crescimento do quiabeiro ‘Santa Cruz’ com aumento da CESn de 1,4 para $3,4 \text{ dS m}^{-1}$. Segundo Dias et al. (2017), a elevação da concentração de sais na água de irrigação reduz o gradiente de potencial hídrico entre o solo e as raízes, dificultando a absorção de água, o que compromete o crescimento vegetal e, conseqüentemente, a produtividade.

Para o diâmetro do caule, a maior média (7,35 mm) foi observada sob a menor condutividade elétrica da solução nutritiva ($2,1 \text{ dS m}^{-1}$) (Figura 1B). Em contrapartida, sob $5,3 \text{ dS m}^{-1}$, a média foi de 6,45 mm, representando uma redução relativa de 13,21%, o que equivale a uma diminuição de aproximadamente 3,8% para cada unidade de incremento na CESn. De acordo com Taiz et al. (2017), o excesso de sais na solução nutritiva compromete a absorção de água pelas raízes, afetando a atividade meristemática e o alongamento celular. Resultados semelhantes foram encontrados por Sousa et al. (2020), que relataram redução no diâmetro do caule de plantas de quiabo cultivadas sob níveis de salinidade variando de 1,0 a $5,0 \text{ dS m}^{-1}$.

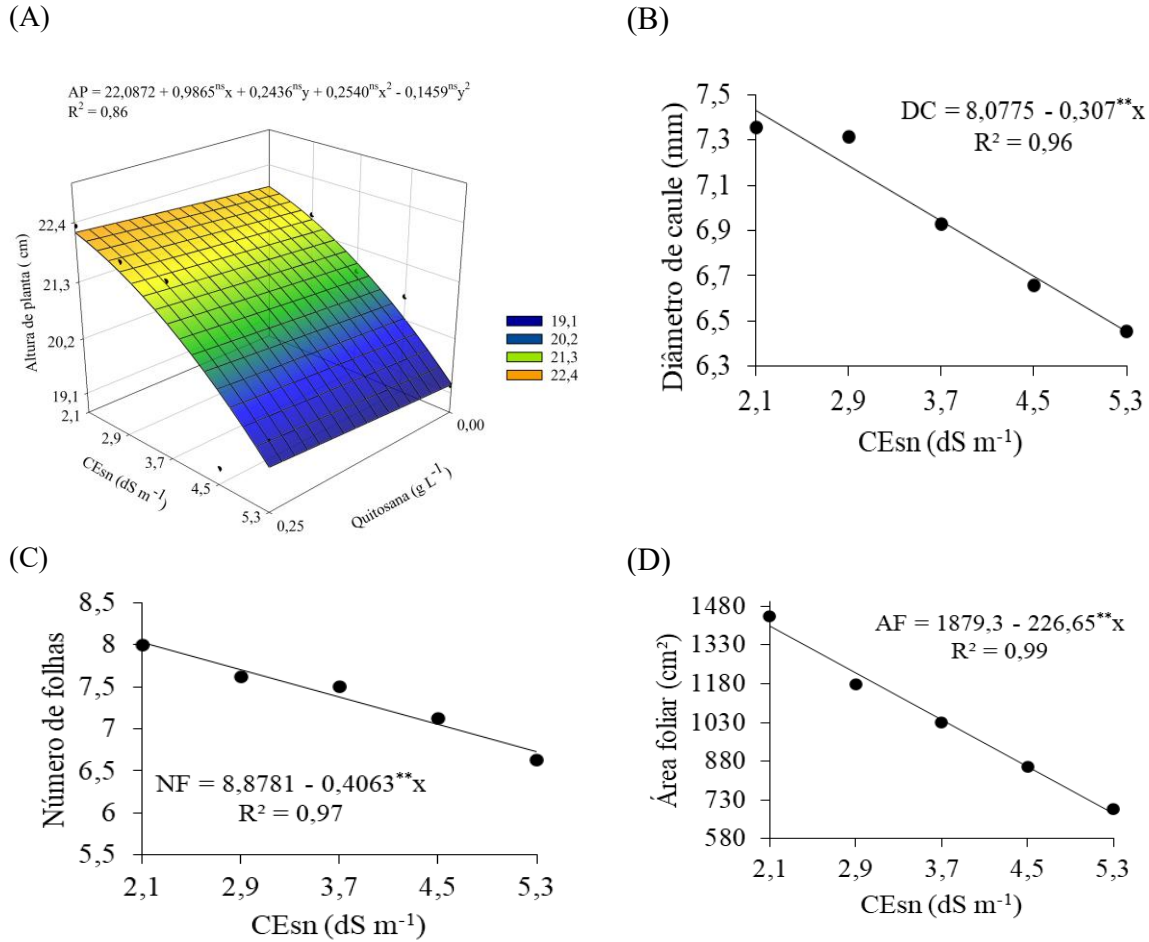
Observou-se uma redução no número de folhas à medida que se incrementou a salinidade da solução nutritiva (Figura 1C). Houve uma redução relativa de 4,57% para cada unidade de incremento da CESn, totalizando uma diminuição de 16,20% entre os extremos avaliados. Tais reduções podem ser atribuídas ao acúmulo de íons Na^+ e Cl^- nas folhas, que afetam o equilíbrio iônico, especialmente em relação ao potássio (K^+), elemento essencial ao crescimento foliar (Ashraf et al., 2019).

Quanto à área foliar total, os maiores valores foram registrados sob a menor condutividade elétrica da solução nutritiva ($2,1 \text{ dS m}^{-1}$), com média de $1.440,59 \text{ cm}^2$ (Figura 1D). A partir desse nível, o aumento da salinidade comprometeu significativamente o desenvolvimento foliar, sendo o menor valor observado sob $5,3 \text{ dS m}^{-1}$ ($693,80 \text{ cm}^2$), o que representa uma inibição de 12,06% por unidade de incremento da CESn e uma redução relativa total de 51,68% entre os extremos.

A diminuição da área foliar em resposta ao aumento da condutividade elétrica da solução nutritiva é uma das primeiras reações das plantas submetidas ao estresse salino, sendo frequentemente atribuída à redução da divisão celular e da expansão foliar, nessa situação, as plantas tendem a retardar a emissão de novas folhas e a promover a queda de parte da folhagem por meio da abscisão, como uma estratégia para minimizar as perdas hídricas via transpiração (Dias et al., 2017).

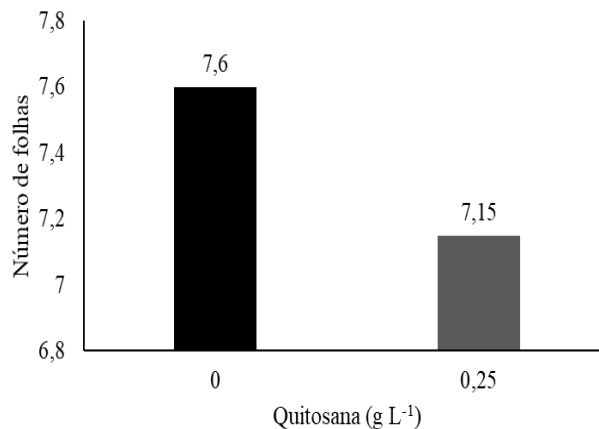
Com relação ao número de folhas em função da aplicação foliar de quitosana, observou-se que a testemunha ($0,0 \text{ g L}^{-1}$) apresentou maior média em comparação à dose de $0,25 \text{ g L}^{-1}$ (Figura 2). Esses resultados sugerem que, nas condições avaliadas, a ausência de quitosana favoreceu o desenvolvimento foliar do quiabeiro.

Figura 1. Superfície de resposta para altura de planta - AP (A); e número de folhas – NF (B), diâmetro do caule – DC (C) e área foliar total – AF (D) das plantas de quiabo cv. Santa Cruz 47 cultivado sob condutividade elétrica da solução nutritiva (CEsn) aos 33 (DAG).



^{ns}, e ^{**} respectivamente, não significativo e significativo em $p \leq 0,01$ e significativo em $p \leq 0,05$ pelo teste F.

Figura 2. Número de folhas (NF) em função da aplicação de quitosana em plantas de quiabo cv. Santa Cruz 47, cultivadas sob diferentes níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva (CEsn).



CONCLUSÃO

O aumento da condutividade elétrica comprometeu as variáveis morfológicas como altura de planta, diâmetro do caule, número de folhas e área foliar total, refletindo os efeitos deletérios do estresse salino sobre o desenvolvimento vegetativo da cultura do quiabeiro.

Além disso, a aplicação foliar de quitosana, por sua vez, demonstrou efeito limitado nas condições experimentais, promovendo ligeiro aumento na altura das plantas apenas sob baixa salinidade, mas reduzindo o número de folhas.

REFERÊNCIAS

- Costa, K. D. S.; Nascimento, M. R.; Santos, A. M. M.; Santos, P. R.; Carvalho, I. D. E.; Carvalho Filho, J. L. S.; Menezes, D.; Lima, T. V.; Brito, K. S.; Michelon, G. K. **Melhoramento do quiabeiro quanto à precocidade, produção e qualidade**. Paraíba, p. 1-6, 2017.
- Dias, A. S.; Lima, G. S. de; Gheyi, H. R.; Soares, L. A. dos A.; Souza, L. de P.; Bezerra, I. L. Crescimento do algodoeiro 'BRS Rubi' em função da irrigação com águas salinas e adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 11, n. 7, p. 1945-1955, 2017.
- 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, p. 304, 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.
- Gemedé, H. F.; Haki, G. D.; Beyene, F.; Rakshit, S. K.; Woldegiorgis, A. Z. Mucilagem indígena de quiabo etíope (*Abelmoschus esculentus*): Um novo ingrediente com propriedades funcionais e antioxidantes. **Ciência Alimentar e Nutrição**, v. 6, p. 563-571, 2018.
- Hoagland, D. R.; Arnon, D. I. **The water-culture method for growing plants without soil**. Circular. Berkeley: California Agricultural Experiment Station, v. 347, p. 32, 1950.
- 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.
- Pereira, M. C. A.; Ramos, J. G.; Azevedo, C. A. V.; Pereira, M. O.; Cabral, J. H. A. **Crescimento do quiabeiro submetido a diferentes níveis de salinidade associadas a doses de adubação potássica**. Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia. Maceió, 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.
- Silva, A. A. R. da; Veloso, L. L. de S. A.; Lima, G. S. de; Soares, L. A. dos A.; Chaves, L. H. G.; Silva, F. de A. da; Dias, M. dos S.; Fernandes, P. D. Induction of salt stress tolerance in cherry tomatoes under different salicylic acid application methods. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 43, p. 1145-1166, 2022.
- Sousa, G. G. de; Mendonça, A. de M.; Sales, J. R. da S.; [outros autores]. Morphophysiological characteristics of okra plants submitted to saline stress in soil with organic fertilizer. **Comunicata Scientiae**, v. 11, 24 abr. 2020.
- Taiz, L.; Zeiger, E.; Moller, I. M.; Murphy, A. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Editora Artmed, 2017. 858 p.