

TEORES DE CL⁻ EM TECIDOS DE *ANNONA SQUAMOSA* L. SOB DIFERENTES NÍVEIS DE SALINIDADE E LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO

Caetano Alves de Lima Neto¹, Maria Eduarda Bezerra Alves Cordeiro², Fagner Nogueira Ferreira³, Wedson Aleff Oliveira da Silva³, Marvigna Lizier de Lima Dias Laurentino⁴, José Francismar de Medeiros⁵

RESUMO: Nas regiões semiáridas, a escassez hídrica, associada à irregularidade das chuvas, tem incentivado o uso de águas salobras como alternativa para a irrigação. No entanto, o alto teor de sais presentes nessas águas pode comprometer os processos fisiológicos das plantas, provocando toxidez quando em excesso. Este estudo teve como objetivo avaliar os teores de cloreto (Cl⁻) em tecidos de *Annona squamosa* L. (pinha) sob diferentes níveis de salinidade da água e lâminas de irrigação. O experimento foi conduzido em campo e dispostos em blocos ao acaso, com esquema fatorial 3x3+1, que corresponde a três níveis de salinidade (1,5; 3,0 e 4,5 dS m⁻¹) e três lâminas de irrigação (33%, 66% e 100% da evapotranspiração da cultura – ETc), além de uma testemunha sem irrigação, totalizando 40 unidades experimentais com parcelas compostas por seis plantas totais e três plantas úteis. Os resultados demonstraram que os teores de Cl⁻ aumentaram com a elevação da salinidade da água. As menores concentrações foram observadas nas lâminas intermediárias, sugerindo uma relação mais eficiente entre absorção de água e acúmulo de sais. Lâminas muito baixas reduziram o fluxo de absorção, enquanto as mais elevadas favoreceram a lixiviação ou diluição dos sais. Esses achados evidenciam a importância do manejo integrado da salinidade e da irrigação para minimizar os efeitos do estresse salino em regiões semiáridas.

PALAVRAS-CHAVE: água salobra, manejo da irrigação, íons cloreto, pinha.

¹ Graduando em Agronomia, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Caixa Postal 137, CEP: 59625-900, Mossoró, RN, Fone: (84) 996928825, E-mail: caetano.neto@alunos.ufersa.edu.br

² Graduando em Agronomia, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró-RN

³ Doutorando em Fitotecnia, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró-RN

⁴ Mestranda em Fitotecnia, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró-RN

⁵ Agrônomo, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró-RN

CL⁻ CONTENT IN TISSUES OF *ANNONA SQUAMOSA* L. UNDER DIFFERENT SALINITY LEVELS AND IRRIGATION DEPTHS.

ABSTRACT: In semi-arid regions, water scarcity combined with irregular rainfall has encouraged the use of saline water as an alternative for irrigation. However, the high salt content in such water can impair plant physiological processes, leading to toxicity when accumulated in excess. This study aimed to evaluate chloride (Cl⁻) concentrations in the tissues of *Annona squamosa* L. (sugar apple) under different water salinity levels and irrigation depths. The field experiment was arranged in a randomized block design with a 3×3 + 1 factorial scheme, corresponding to three salinity levels (1.5, 3.0, and 4.5 dS m⁻¹) and three irrigation depths (33%, 66%, and 100% of crop evapotranspiration – ETc), plus a non-irrigated control. The trial comprised 40 experimental units, each plot consisting of six total plants, with three considered useful for evaluations. The results showed that Cl⁻ concentrations increased with higher water salinity. The lowest levels were observed at intermediate irrigation depths, suggesting a more efficient balance between water uptake and salt accumulation. Very low irrigation depths reduced salt absorption due to limited water flow, while higher depths likely promoted salt leaching or dilution. These findings highlight the importance of integrated salinity and irrigation management to mitigate salt stress in semi-arid environments.

Each treatment received 80 g of monoammonium phosphate and 2 liters of bovine manure as substrate. Results showed that chloride accumulation was significantly affected by irrigation depth. Intermediate irrigation depths yielded lower chloride concentrations. Minimal irrigation limited water and salt uptake, while excessive irrigation likely promoted chloride leaching and dilution in plant tissues.

KEYWORDS: Brackish water, Irrigation management, Chloride ions, sugar apple.

INTRODUÇÃO

A *Annona squamosa* L., pertencente à família Annonaceae e popularmente conhecida como “pinha”, “ata” ou “fruta-do-conde”, é nativa da América Central e amplamente cultivada em regiões tropicais e subtropicais. No Brasil, sua importância comercial tem aumentado, com produtividade média de 8,7 t/ha, destacando-se nas regiões Nordeste e Centro-Oeste devido à boa adaptação ao clima semiárido (Morais et al., 2020; Araújo, 2023).

Nessas regiões, a escassez hídrica tem incentivado o uso de águas salobras na irrigação como alternativa viável, inclusive em cenários de seca moderada a severa (Cavalcante et al., 2021). No entanto, o uso contínuo dessa água pode levar ao acúmulo de sais no solo e nas plantas, especialmente de íons como o cloreto (Cl^-), que embora essencial em pequenas quantidades, pode causar toxidez em concentrações elevadas, afetando negativamente processos fisiológicos como transpiração, fotossíntese e crescimento (Teakle & Tyerman, 2010; Silva-Herrera et al., 2025). Geilfus (2018) também destaca que o excesso de Cl^- pode desencadear respostas de estresse que comprometem a qualidade e a longevidade dos frutos. Nesse contexto, este trabalho tem como objetivo avaliar os teores de Cl^- em raízes, folhas e ramos de *Annona squamosa* L. submetida a diferentes níveis de salinidade da água e lâminas de irrigação, visando compreender os efeitos desses fatores no acúmulo iônico e contribuir para o manejo racional da irrigação em ambientes semiáridos.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em área experimental localizada na zona rural do município de Upanema-RN, situada nas coordenadas geográficas 5° 33' 33'' de latitude sul e 37° 11' 56'' de longitude oeste, com altitude de 108 metros. O clima local é do tipo semiárido quente, classificado como BSw^h, segundo Köppen. Adotou-se o delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições, em esquema fatorial $3 \times 3 + 1$. Os tratamentos resultaram da combinação de três níveis de salinidade da água de irrigação (1,5; 3,0 e 4,5 dS m^{-1}) e três lâminas de irrigação (33%, 66% e 100% da necessidade hídrica da cultura), além de um tratamento adicional (testemunha) sem irrigação.

Cada parcela foi composta por seis plantas, das quais três foram consideradas úteis, totalizando 40 unidades experimentais. As covas (30 x 30 x 30 cm) receberam 2 litros de esterco bovino e 80 g de fosfato monoamônico (MAP), conforme recomendação baseada na análise de solo (HOLANDA et al., 2017). O Cl^- foi determinado pelo método de Mohr, extraído por solução de nitrato de cálcio ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$), na forma de íon cloreto, sendo titulado com solução padrão de nitrato de prata (AgNO_3), na presença de dicromato de potássio (K_2CrO_4) como indicador, os resultados foram expressos em porcentagem. Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F no software RStudio (versão 4.2.2). Em caso de efeito significativo, ajustaram-se 12 modelos de regressão com o pacote ExpAnalysis3D,

considerando os efeitos da salinidade e da lâmina de irrigação. Os gráficos foram elaborados no Sigma Plot 15.0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os teores de cloreto na pinheira foram significativamente influenciados pelas lâminas de irrigação e pelos níveis de salinidade da água. A Figura 1(a) demonstra que o acúmulo de Cl^- nas raízes aumenta com a elevação da salinidade da água de irrigação, especialmente sob lâminas mais elevadas. Em contrapartida, os menores teores de Cl^- foram observados em lâminas intermediárias (60-70% da ETc). Ou seja, as menores concentrações de Cl^- nas raízes, observadas nas lâminas intermediárias de irrigação, podem estar relacionadas a um equilíbrio entre a disponibilidade de água e a absorção de sais (Hailu, Mehari, 2021). Em lâminas muito baixas, o estresse hídrico pode reduzir o fluxo de água e, conseqüentemente, a absorção de nutrientes e íons, inclusive o cloreto (Gavrilescu, 2021). Por outro lado, em lâminas elevadas, o maior volume de água favorece o transporte de sais para a planta, aumentando o acúmulo de Cl^- nas raízes.

Com relação às concentrações de Cl^- nas folhas e ramos, observa-se na Figura 1(b e c) comportamento semelhante quanto ao acúmulo de íons de cloreto, com aumento progressivo das concentrações à medida que se eleva a salinidade da água de irrigação. Nas duas estruturas da planta, a lâmina de irrigação teve pouca influência sobre os teores de Cl^- , indicando que a salinidade é o principal fator determinante nesse acúmulo. No entanto, a aplicação de lâminas maiores (66% e 100% da ETc) reduziu o acúmulo de Cl^- , provavelmente por favorecer a lixiviação e diluição dos sais, diminuindo a disponibilidade iônica para absorção radicular, principalmente nas folhas (Figura 1b).

Essa resposta sugere que tanto folhas quanto ramos atuam como os principais compartimentos de acúmulo de sais na parte aérea da planta, sendo mais suscetíveis aos efeitos do estresse salino, independentemente do volume de água aplicado, conforme discutido por (Joshi et al., 2022). Resultados semelhantes foram reportados por Ali et al. (2022), em arroz irrigado com água salina, destacando que a elevação da lâmina de irrigação foi eficaz na redução do acúmulo de íons tóxicos.

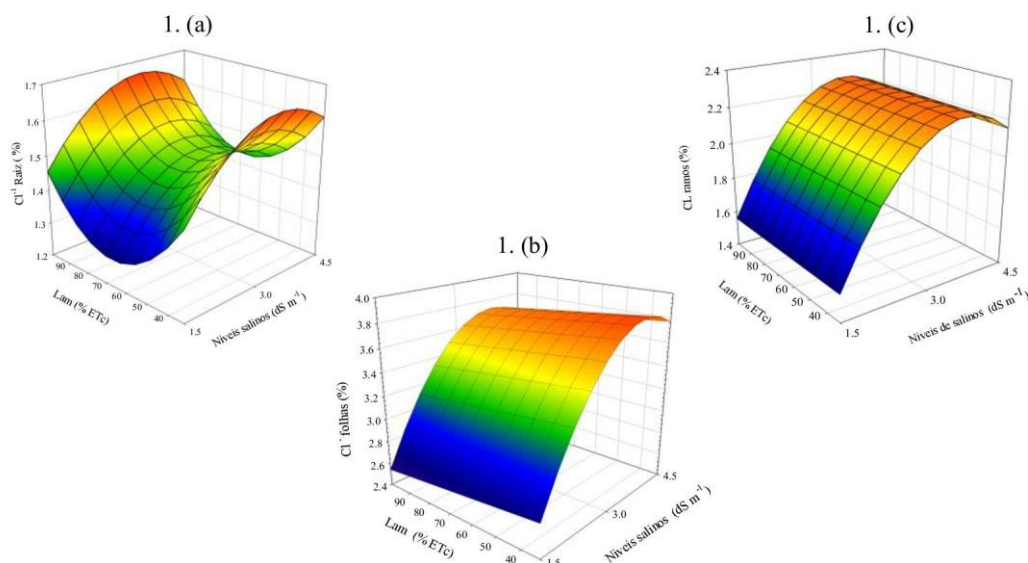


Figura 1. Concentração de íons cloreto (Cl^-) em raízes, folhas e ramos de plantas submetidas a diferentes lâminas de irrigação (% da ETC) e níveis de salinidade da água (dS m^{-1}).

CONCLUSÕES

A *Annona squamosa* L. respondeu ao estresse salino com acúmulo de cloreto nos diferentes tecidos, especialmente em folhas e ramos sob menor lâmina e maior salinidade. Nas raízes, os teores também aumentaram com a salinidade, mas apresentaram variação conforme a lâmina aplicada, sugerindo influência da disponibilidade hídrica na absorção. Lâminas maiores favoreceram a lixiviação dos sais e reduziram o acúmulo de Cl^- nos tecidos. Assim, o manejo adequado da irrigação é essencial para reduzir os efeitos do estresse salino e manter a viabilidade da cultura em regiões semiáridas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALI, Usman; MA, Yunlong; JAMIL, Muhammad; RAFIQUE, Muhammad Tariq; KHAN, Afaq Ahmad; ZIA, Muhammad Safdar; RAHMAN, Mujibur; MING, Dengpan. Salinity stress and irrigation management practices for growing rice: a comprehensive review. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 29, p. 53541–53560, 2022.

ARAÚJO, João Aprígio Cabral de. **Produção da pinha submetida à adubação orgânica, mineral e turnos de rega**. 2023. 31 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em

Agronomia) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, Unidade Acadêmica de Ciências Agrárias, Pombal, PB, 2023. Orientador: Prof. Dr. Sc. Lauter Silva Souto. Coorientador: Prof. Dr. Sc. Carlos Sérgio Araújo dos Santos.

CAVALCANTE, Eduardo Santos; LACERDA, Claudivan Feitosa de; COSTA, Raimundo Nonato Távora; GHEYI, Hans Raj; PINHO, Luciana Luzia; BEZERRA, Francisco Mardones Sérvulo; OLIVEIRA, Adriana Cruz de; CANJÁ, Juvenaldo Florentino. Supplemental irrigation using brackish water on maize in tropical semi-arid regions of Brazil: yield and economic analysis. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 78, supl. 1, e20200151, mar. 2021.

Joshi, S. et al. Ion transporters and their regulatory signal transduction mechanisms for salinity tolerance in plants. **Physiologia Plantarum**, v. 174, n. 3, p. e13702, 2022.

GAVRILESCU, Maria. Water, soil, and plants interactions in a threatened environment. **Water**, v. 13, n. 19, p. 2746, 2021.

GEILFUS, Christian-Marius. Review on the significance of chlorine for crop yield and quality. *Plant Science*, v. 270, p. 114–122, maio 2018.

HAILU, Birhane; MEHARI, **Hagos. Impacts of soil salinity/sodicity on soil-water relations and plant growth in dry land areas: A review.** *J. Nat. Sci. Res*, v. 12, n. 3, p. 1-10, 2021.

HOLANDA, João Santana de; DANTAS, José Ailton; MEDEIROS, Antônio Avelino de; FERREIRA NETO, Manoel Ferreira; MEDEIROS, José Francismar de; GUEDES, Francisco Xavier. **Indicações para adubação de culturas em solos do Rio Grande do Norte.** Parnamirim, RN: EMPARN, 2017. 63 p. (Documentos, 46).

MORAIS, Francisca Elenir Martins de. **Seletividade dos extratos etanólicos de *Annona muricata* L. e *Annona squamosa* L. sobre o predador *Cryptolaemus montrouzieri* Mulsant, 1853 (coleoptera: coccinellidae).** 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Campus Arapiraca, Universidade Federal de Alagoas, Arapiraca, 2020.

MOURA, Débora Candeias Marques de; CARVALHO, Jacinto de Assunção. Efeitos de diferentes lâminas e teores de sais na água de irrigação sobre o desenvolvimento e produção da berinjela. **Irriga**, Botucatu, v. 19, n. 1, p. 35–45, jan./mar. 2014.

MUNNS, Rana; TESTER, Mark. Mechanisms of salinity tolerance. **Annual Review of Plant Biology**, v. 59, p. 651–681, 2008.

SILVA-HERRERA, Hedra; WEGE, Silke; FRANZISKY, Bjarne L.; AHMAD, Niaz; ROELFSEMA, Martina R. G.; GEILFUS, Christian-Marius. Chloride transport and homeostasis in plants. **Quantitative Plant Biology**, v. 6, e20, p. 1–10, 2025

TEAKLE, Nick L.; TYERMAN, Stephen D. Mechanisms of Cl⁻ transport contributing to salt tolerance. **Plant, Cell and Environment**, v. 33, n. 4, p. 566–589, 2010.