

## SALINIDADE E APLICAÇÃO EXÓGENA DE SILÍCIO EM ALFACE HIDROPÔNICO: ÍNDICES MORFOMÉTRICOS E PRODUÇÃO DAS PLANTAS

Everton Alencar Patricio<sup>1</sup>, Ana Alice Cardoso Carneiro<sup>2</sup>, Ana Célia Maia Meireles<sup>3</sup>, Sirleide Maria de Menezes<sup>4</sup>, Carlos Wagner Oliveira<sup>3</sup>, Carlos Almi Nogueira Gomes<sup>2</sup>

**RESUMO:** O estresse salino é um dos fatores mais limitantes do desenvolvimento agrícola em regiões semiáridas, sendo primordial a busca pela resiliência dos cultivos para garantir a produção de alimentos. Dessa forma, objetivou-se avaliar o crescimento e a produção da alface crespa, sob cultivo hidropônico com aplicação exógena de silício e diferentes níveis de salinidade. O experimento foi conduzido no Centro de Ciências Agrárias e da Biodiversidade, da Universidade Federal do Cariri, Crato-CE. O delineamento experimental foi em blocos casualizados com parcelas subdivididas de 4 x 2, sendo quatro níveis de salinidade (1,5; 2,5; 3,0; 4,5 dS m<sup>-1</sup>) e duas doses de silício (0 e 6 mM), com 4 repetições. As seguintes variáveis foram analisadas: número de folhas por planta, comprimento da planta e da raiz, massa fresca da parte aérea e da raiz. Conclui-se que apenas o CR foi afetado pela interação do silício com os níveis de salinidade, enquanto a MFPA e MFR foram afetadas de forma isolada.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Lactuca sativa* L. Análise de crescimento. Condutividade elétrica.

## SALINITY AND EXOGENOUS APPLICATION OF SILICON IN HYDROPONIC LETTUCE: MORPHOMETRIC INDEXES AND PLANT PRODUCTION

**ABSTRACT:** Salinity stress is one of the most limiting factors for agricultural development in semiarid regions, and the search for crop resilience is essential to ensure food production. Thus, the objective of this study was to evaluate the growth and production of crisp lettuce under hydroponic cultivation with exogenous application of silicon and different levels of salinity. The experiment was conducted at the Center for Agricultural Sciences and Biodiversity, Federal University of Cariri, Crato-CE. The experimental design was randomized blocks with split plots in a 4 x 2 factorial scheme, with four salinity levels (1.5; 2.5; 3.0; 4.5 dS m<sup>-1</sup>) and two doses of

<sup>1</sup> Bolsista PIBITI, Discentes de Agronomia, Centro de Ciências Agrárias e da Biodiversidade, Universidade Federal do Cariri, Crato-CE, everton.alencar@aluno.ufca.edu.brç

<sup>2</sup> Discentes de Agronomia, Universidade Federal do Cariri (CCAB/UFCA), Crato-CE;

<sup>3</sup> Docentes do curso de Agronomia, Universidade Federal do Cariri (CCAB/UFCA), Crato-CE;

<sup>4</sup> Pós-Doutoranda, PRODER/CCAB/ UFCA, Crato, CE

silicon (0 and 6 mM), with 4 replicates. The following variables were analyzed: number of leaves per plant, plant and root length, fresh mass of the aerial part and root. It is concluded that only CR was affected by the interaction of silicon with salinity levels, while MFPA and MFR were affected in isolation.

**KEYWORDS:** *Lactuca sativa* L. rowth analysis. Electrical conductivity.

## INTRODUÇÃO

A alface (*Lactuca sativa* L.) é uma das hortaliças folhosas mais cultivadas em todo o mundo. Essa folhosa apresenta bons níveis de proteínas, vitaminas (A, C e K) e fibras, compondo a dieta de diversas pessoas pelo mundo (Marques, 2024). Entretanto o seu cultivo ainda é muitas vezes realizado de forma intensiva, provocando desequilíbrios no solo, como a salinização e, conseqüentemente, resultando em baixas produtividades (Moura et al., 2024).

Segundo El-Ramady et al (2024), a salinidade afeta negativamente os atributos fisiológicos, bioquímicos e genéticos das plantas. Diante disso, o aproveitamento de águas salobras se torna uma questão mundial, sendo fundamental o desenvolvimento de tecnologias e novos estudos que visem mitigar os danos causados.

A hidroponia e o uso do silício como atenuante surge como soluções emergentes. De acordo com Sena et al (2023), o sistema hidropônico é uma técnica de cultivo protegido sem uso de solo, onde é fornecido macro e micronutrientes via solução nutritiva nas raízes das plantas. Exigindo um menor volume de água para a produção, além de permitir o uso de águas salobras (Silva et al., 2023).

Segundo Neta et al. (2024), o silício é o segundo elemento mais abundante encontrado na crosta terrestre, contribuindo significativamente para a saúde produtiva das plantas. Desempenhando um papel fundamental no aumento da tolerância das plantas a vários estresses abióticos e bióticos (Hassan et al., 2024). Diante do exposto, o objetivo do trabalho foi avaliar o crescimento e a produção da alface crespa, sob cultivo hidropônico com aplicação exógena de silício e diferentes níveis de salinidade.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em ambiente protegido no Centro de Ciências Agrárias e da Biodiversidade, da Universidade Federal do Cariri, Campus Crato-CE (7°14' S, 39°22' O e 423 m). O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com parcelas

subdivididas de 4 x 2, com 4 repetições, totalizando 32 parcelas. Os tratamentos foram compostos por 4 níveis de salinidade da solução nutritiva (1,5; 2,5; 3,5; 4,5 dS m<sup>-1</sup>), sendo o nível de 1,5 dS m<sup>-1</sup> utilizado como o tratamento controle e com cada nível avaliado com e sem a aplicação do silício (0,0 e 6,0 mM), definidos com base na literatura.

Para alcançar os níveis de salinidade desejados, foi adicionado NaCl na solução nutritiva e quantificado os valores com a ajuda de um condutivímetro. A fonte de silício utilizada foi o ácido salicílico PA, o qual foi aplicado via foliar com pulverizador manual semanalmente após o transplântio das mudas.

Para cada tratamento salino foi utilizado um reservatório de 50 L, totalizando 4 unidades. A solução nutritiva foi formulada de acordo com as recomendações preconizadas por Furlani (1998) e bombeadas por meio de 4 bombas automáticas, as quais mantiveram a circulação das soluções nos perfis, com funcionamento de 15 minutos e intervalos de 15 minutos durante o dia e 30 minutos a noite.

As mudas de alface foram transplantadas para os perfis hidropônicos aos 15 dias após a semeadura, quando possuíam 4 folhas definitivas. A fonte de silício utilizada foi o ácido salicílico, o qual foi então aplicado via foliar com pulverizador manual, semanalmente após o transplântio das mudas. O pH e a CE foram monitorados diariamente com ajuda de um pHmetro e um condutivímetro portátil.

A colheita ocorreu aos 29 dias após o transplântio, onde foi quantificado o número de folhas (NF) por contagem de folhas verdes e completamente expandidas; altura da planta (AP) e comprimento da raiz (CR) com auxílio de uma régua; massa fresca da parte aérea (MFPA) e massa fresca da raiz (MFR) obtidas com auxílio de uma balança eletrônica.

Os dados foram submetidos a análise de variância pelo teste F ( $p < 0,05$ ), utilizando-se o software estatístico SISVAR (Ferreira, 2019). O fator salinidade foi comparado mediante análise de regressão polinomial ( $p < 0,05$ ); já as doses de silício foram comparadas mediante teste de médias de Tukey a 5% de probabilidade.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

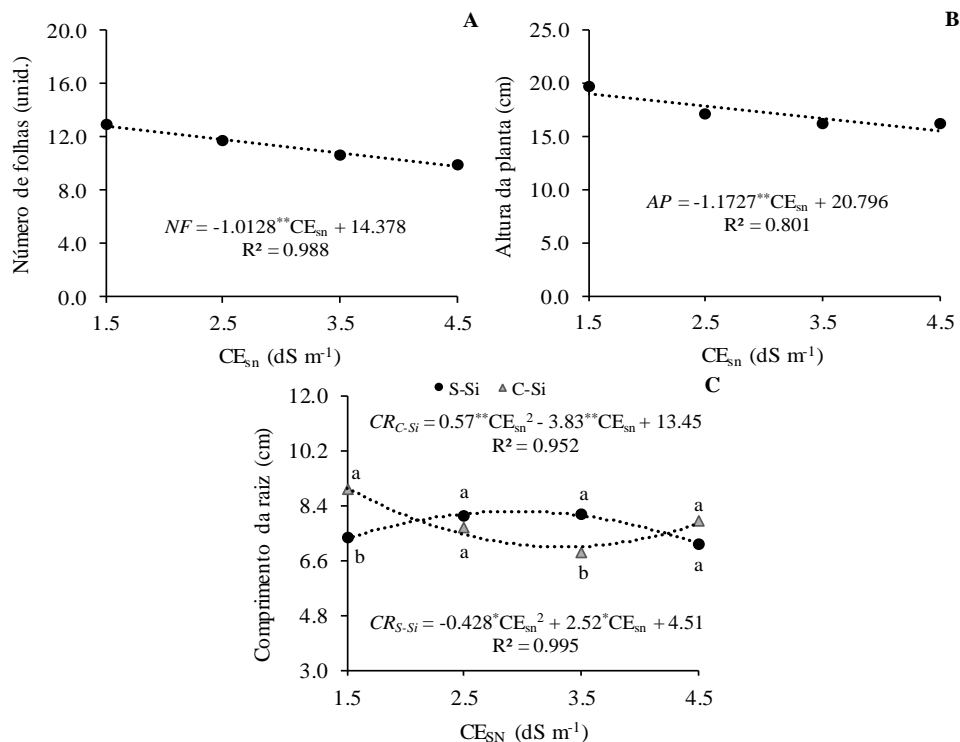
De acordo com ANOVA (Tabela 1), a interação dos fatores níveis de salinidade (S) e doses de silício (Si) apresentou efeito significativo apenas para o CR. Por outro lado, de maneira isolada, as variáveis MFPA e MFR foram afetadas significativamente pela aplicação do silício e os níveis de salinidades. Já para as variáveis NF e AP houve efeito significativo apenas para os níveis de salinidade.

**Tabela 1.** Análise de variância para o número de folhas (NF), altura da planta (AP), comprimento da raiz (CR), massa fresca da parte aérea (MFPA) e massa fresca da raiz (MFR) da cultura da alface sob cultivo hidropônico em função de níveis de salinidade com e sem a aplicação de silício

FV	GL	Quadrado Médio				
		NF	AP	CR	MF <sub>PA</sub>	MF <sub>R</sub>
Níveis de salinidade (S)	3	13,842**	22,886**	0,777 <sup>ns</sup>	3562,49**	49,411**
Silício (Si)	1	1,625 <sup>ns</sup>	0,009 <sup>ns</sup>	0,191 <sup>ns</sup>	739,68**	55,810**
S x Si	3	2,115 <sup>ns</sup>	0,171 <sup>ns</sup>	3,159**	41,17 <sup>ns</sup>	3,698 <sup>ns</sup>
Bloco	3	1,155 <sup>ns</sup>	0,511 <sup>ns</sup>	0,343 <sup>ns</sup>	125,43 <sup>ns</sup>	4,733 <sup>ns</sup>
Resíduo	21	0,920	0,730	0,631	87,25	3,599
CV	%	8,46	4,94	10,26	11,99	8,92

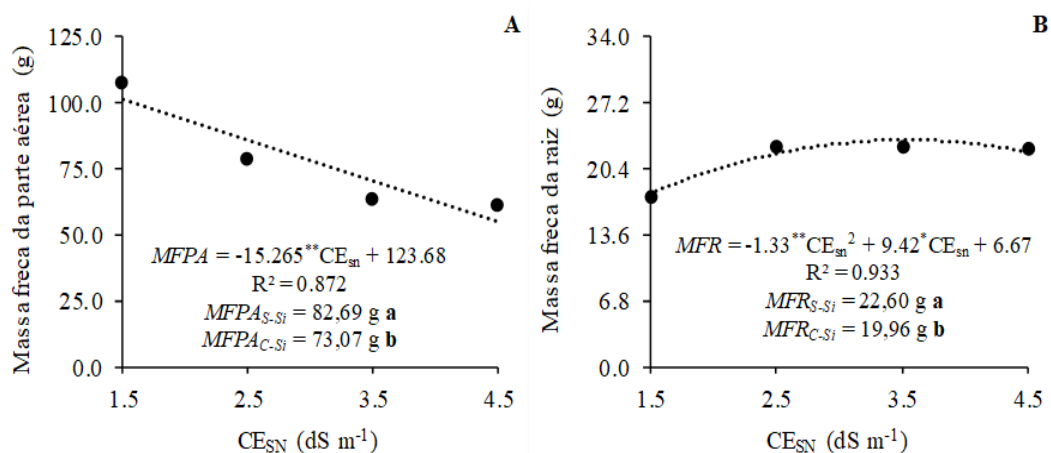
ns: não significativo; \*\* e \* : significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente.

De acordo com a Figura 1A, o número de folhas reduziu em 1 folha por incremento unitário de CE<sub>sn</sub>, resultando em perdas de 23,57% dentro do intervalo estudado. Já para altura da planta (Figura 1B) houve uma redução unitária de 1,17 cm para cada acréscimo da salinidade, resultando em uma redução total de 18,5%. Corroborando com tais resultados, Ketounou (2022) observou que a salinidade reduziu o crescimento e o número de folhas na alface a partir de uma CE de 2,4 dS m<sup>-1</sup>. Em relação ao CR (Figura 1 C), para a condição sem silício, houve aumento da variável até a salinidade de 2,9 dS m<sup>-1</sup>, reduzindo 12,65% até a CE de 4,5 dS m<sup>-1</sup>. Já na condição com silício, o CR reduziu em 22% até o nível de 3,36 dS m<sup>-1</sup>, voltando a aumentar com o aumento da salinidade (Figura 1C).



**Figura 1.** Número de folhas (A) e altura da planta (B) da alface em função dos níveis de salinidade, e comprimento da raiz (C) em função da interação entre os níveis de salinidade com e sem a aplicação de silício. Letras diferentes indicam diferenças significativas entre as condições com e sem a aplicação de silício pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). \*\* e \* - Significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

Na salinidade de 1,5 dS m<sup>-1</sup> a aplicação de silício aumentou em 18% o CR das raízes, já no nível de sal de 3,5 dS m<sup>-1</sup> a condição sem silício foi superior em 13%. Constata-se que a aplicação de silício foi eficiente apenas no menor nível de salinidade, podendo ter sofrido efeito antagônico com o excesso de sal na solução nutritiva. O acúmulo de MFPA reduziu 15,3 g com o aumento unitário da CESn (Figura 2A), apresentando redução percentual de 83% entre os níveis de 1,5 e 4,5 dS m<sup>-1</sup>. Analisando a condição com e sem a aplicação de silício, houve redução de 13% quando o silício foi aplicado. Para a variável MFR (Figura 2B), o conteúdo acumulado aumentou 31% até a CESn de 3,5 dS m<sup>-1</sup>, reduzindo posterior a isso. Para essa mesma variável, a aplicação de silício reduziu em 11% o acúmulo de MFR, quando comparada a condição sem silício.



**Figura 2.** Massa fresca da parte aérea (A) e massa fresca da raiz (B) da alface sob efeito isolado dos níveis de salinidade e da condição com e sem a aplicação de silício. Letras diferentes indicam diferenças significativas entre as condições com e sem a aplicação de silício pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). \*\* e \* - Significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

O mesmo ocorreu com o trabalho realizado por Luz et al (2006), onde em plantas que foram aplicadas silício apresentaram tamanho menores quando comparadas com as cultivadas sem o silício. Tais resultados podem estar relacionados a uma concentração muito elevada de silício aplicada na cultura, o que, ao invés de atenuar, pode ter intensificado os efeitos deletérios do excesso de sais na solução nutritiva. Confirmando o que foi proposto por Neves et al (2020), em que altas concentrações de silício pode reduzir o crescimento e desenvolvimento das plantas de alface.

## CONCLUSÕES

O aumento de sais na solução nutritiva reduz o crescimento e a produção de matéria fresca na cultura da alface. O silício atuou como mitigador do estresse salino apenas no comprimento das raízes no nível de salinidade de 1,5 dS m<sup>-1</sup>. Tal efeito pode estar relacionado com a alta concentração de silício testada nesse estudo. A esse respeito, cabe o desenvolvimento de novas pesquisas que visem o estudo de diferentes concentrações desse elemento para atestar seus efeitos em condições de estresse salino.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao grupo de pesquisa LEMGE (Laboratório de Estatística, Modelagem e Geoprocessamento) e a Universidade Federal do Cariri (CCAB/UFCA, Crato, CE) pelo apoio, orientação e logística na realização dos trabalhos. À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) pelo seu apoio financeiro aos bolsistas participantes desta pesquisa e ao PROJETO: Edital n.162022, PDPG – Pós-doutorado Estratégico.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

EL-RAMADY, H; PROKISCH, J; MANSOUR, H; TAREK, A. Y. A. B; SHALABY, S. V; BREVIK E, C. Review of crop response to soil salinity stress: possible approaches from leaching to nano-management. **Soil Systems**, v. 8, n. 1, p. 11, 2024.

FERREIRA, D. F. SISVAR: Um sistema computacional de análise para delineamentos de parcelas subdivididas com efeitos fixos. **Revista Brasileira de Biometria**, v. 37, n. 4, p. 529-535, 2019.

FURLANI, P. R. **Instruções para o cultivo de hortaliças de folhas pela técnica de Hidroponia NFT**. 1.ed. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 1998. 30p.

HASSAN, K. M; AJAJ, R; ABDELHAMID, A, N; EBRAHIM, M; HASSAN, I, F; HASSAN, F; ALAM-ELDEIN, S. M; ALI, M. A. Silicon: a powerful aid for medicinal and aromatic plants

against abiotic and biotic stresses for sustainable agriculture. **Horticulturae**, v. 10, n. 8, p. 806, 2024.

KETOUNOU, T. R. **Crescimento e produtividade de alface hidropônico submetido à salinidade com uso de silício**. 2022. 35 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, PB.

LUZ, J. M. Q; GUIMARÃES, S. T. M. R; KORNDÖRFER, G. H. Produção hidropônica de alface em solução nutritiva com e sem silício. **Horticultura Brasileira**, v. 24, p. 295-300, 2006.

MARQUES, M. G. **Qualidade de *lactuca sativa* l. sob intensidades de led submetida ao estresse hídrico e atividade micorrízica**. 2024. 67 f. Tese (Doutorado em Ciências Agrárias - Agronomia) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, GO.

MOURA, A. K. S. C; REZENDE, J. S; SILVA M. D; CUSTÓDIO, B. A; VELOSO S. F; VELOSO, R. C; NUNES L. S; NOBRE R. S; MOURA R. I. Pó de Rocha no Crescimento e Produção de Alface em Dois Ciclos Consecutivos. **Ensaios e Ciência: Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde**, v. 28, n. 4, p. 495–501. 2024.

NETA, F. X. Q; ASSIS, V. C. S. S; OLIVEIRA, C. S; OLIVEIRA, J. A; OLIVEIRA, G. H; SÁ, A. A. S; SILVA, R. P; BERTI, R. P. Dinâmica do silício no sistema solo planta e sua participação no metabolismo e nutrição de plantas: uma revisão. **Observatório de La Economía Latino Americana**, v. 22, n. 9, p. e6671–e6671, 2024.

NEVES, G. M; PINHEIRO, S. M. G. P; CARDOSO, F. L; MACHADO, R. S; MAMBRI, A. P. S; ANDRIOLO, J. L. Silício no crescimento e desenvolvimento de plantas de alface em cultivo fora do solo. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 1, p. 2330-2337, 2020.

SENA, E. O. L. P; SENA, W. L; MEDEIROS, J. G. S; MEIRELES, R. O; SILVA, ANDRÉ L. P; LÉLIS, A. T; SILVA, B. M; NETO, J. F. B. Concentração dos nutrientes e temperatura como fatores limitantes no cultivo hidropônico. **Observatório de La Economía Latino Americana**, v. 21, n. 10, p. 15418–15440, 2023.

SILVA, M. G; GHEYI, H. R; SILVA, L. L; SOUZA, T. T; SILVA, P. C. C; QUEIROZ, L. A; SANTOS, T. S. S; SOARES, T. M. Evaluation of salt and root-zone temperature stresses in leafy vegetables using hydroponics as a clean production cultivation technique in northeastern brazil. **Horticulture, Environment, and Biotechnology**, v. 65, n. 1, p. 95–118, 2023.