

INFLUÊNCIA DA SALINIDADE DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO E DO BIOESTIMULANTE NA QUALIDADE PÓS-COLHEITA DA RÚCULA

Joilma Maria de Sozua¹, Luara Patrícia Lopes Morais², Norlan Leonel Ramos Cruz³, André Castro Ribeiro⁴, José Gustavo Lima de Almeida⁵, Francisco de Assis de Oliveira⁶

RESUMO: Em sistemas agrícolas diversos, a produção de hortaliças de ciclo curto com alto valor nutricional, como a rúcula, é crucial. Contudo, em regiões semiáridas, a salinidade da água representa um desafio significativo, comprometendo sua qualidade e rendimento. Este trabalho teve como objetivo avaliar a influência da aplicação de Stimulate[®] e da salinidade da água de irrigação na qualidade pós-colheita da rúcula (*Eruca sativa* Mill.) cultivada em sistema semi-hidropônico. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3×4 com três repetições, sendo testados três níveis de salinidade (0,5; 2,5 e 5,0 dS m⁻¹) em solução nutritiva e quatro métodos de aplicação do bioestimulante Stimulate[®]: tratamento de sementes (20 mL kg⁻¹), pulverização foliar (10 mL L⁻¹), aplicação combinada (sementes+foliar) e controle. Os resultados mostraram que a salinidade influenciou significativamente o teor de vitamina C, com maior valor observado na menor salinidade (87,18 mg/100g). O tratamento via semente apresentou os melhores resultados numéricos em sólidos solúveis (3,35 °Brix) e na razão SS/AT (18,07). O pH não foi afetado pelos tratamentos. A condutividade elétrica do suco foi influenciada pela interação entre salinidade e tratamentos, com destaque para o tratamento foliar, que atingiu 26,25 mS/cm na maior salinidade. Concluiu-se que a salinidade reduz o teor de vitamina C, mas a aplicação de Stimulate[®] pode mitigar seus efeitos, sendo uma alternativa viável para melhorar a qualidade da rúcula em sistemas hidropônicos.

PALAVRAS-CHAVE: Estresse Abiótico; Compostos Bioativos; Cultivo Protegido.

¹ Mestranda em Manejo de Solo e Água, Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), (84) 99666-9803, joilmasouza17@hotmail.com

² Mestranda em Manejo de Solo e Água, Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), (84) 99140-5647, luarapatricia18@gmail.com

³ Mestrando em Manejo de Solo e Água, Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), (84) 99213-4194, norlanramos.kv@gmail.com

⁴ iscente em Agronomia, Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), (84) 99867-8239, andre.ribeiro@alunos.ufersa.edu.br

⁵ Doutor em Química, Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), (84) 98731-0720, guga@ufersa.edu.br

⁶ Doutor (PhD), Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), (84) 99118-8251, thikaoamigao@ufersa.edu.br

INFLUENCE OF IRRIGATION WATER SALINITY AND BIOSTIMULANT APPLICATION ON POST-HARVEST QUALITY OF ARUGULA

ABSTRACT: In diverse agricultural systems, the production of short-cycle vegetables with high nutritional value, such as arugula, is crucial. However, in semiarid regions, water salinity poses a significant challenge, compromising both quality and yield. This study aimed to evaluate the influence of Stimulate[®] application and irrigation water salinity on the postharvest quality of arugula (*Eruca sativa* Mill.) grown in a semi-hydroponic system. The experiment was carried out in a completely randomized design, in a 3 × 4 factorial scheme with three replications, testing three salinity levels (0.5, 2.5, and 5.0 dS m⁻¹) in the nutrient solution and four methods of applying the biostimulant Stimulate[®]: seed treatment (20 mL kg⁻¹), foliar spraying (10 mL L⁻¹), combined application (seed + foliar), and control. Results showed that salinity significantly affected vitamin C content, with the highest value observed at the lowest salinity level (87.18 mg/100 g). The seed treatment resulted in the highest numerical values for soluble solids (3.35 °Brix) and the SS/TA ratio (18.07). pH was not affected by the treatments. Juice electrical conductivity was influenced by the interaction between salinity and treatments, with the foliar application standing out, reaching 26.25 mS cm⁻¹ at the highest salinity level. It is concluded that salinity reduces vitamin C content, but the application of Stimulate[®] can mitigate its effects, representing a viable alternative to improve arugula quality in hydroponic systems.

KEYWORDS: Abiotic Stress; Bioactive Compounds; Protected Cultivation.

INTRODUÇÃO

A produção de hortaliças folhosas desempenha um papel fundamental na segurança alimentar e na geração de renda, especialmente em regiões de condições climáticas adversas. A rúcula (*Eruca sativa* Mill.), pertencente à família Brassicaceae, destaca-se pelo elevado valor nutricional e funcional, sendo rica em ferro, potássio, cálcio, ômega-3, vitaminas A, K e C, além de antioxidantes (Lana, 2022). A cultura tem ganhado relevância econômica no Brasil, onde, em 2023, apenas o Entrepasto Terminal de São Paulo (ETSP) comercializou 2.227 toneladas de rúcula hidropônica (CEAGESP, 2024), evidenciando seu potencial de mercado.

Embora possua elevado potencial agrônômico e produtivo, sua qualidade e rendimento podem ser comprometidos por condições adversas, como o uso de água com elevado teor de

sais, esse estresse afeta negativamente o crescimento da planta, sendo a salinização um dos principais entraves à produção agrícola (Yang; Guo, 2018).

Nesse contexto, o uso de bioestimulantes, como o Stimulate[®] que são compostos por fitormônios essenciais ao crescimento vegetal, incluindo auxinas, citocininas e giberelinas (Carvalho et al., 2023). Tem sido considerado uma alternativa promissora para mitigar os efeitos negativos do estresse salino, pois esses hormônios regulam o crescimento celular e radicular, promovendo maior resistência das plantas a condições adversas (Cavalcante et al., 2020).

Além disso, o cultivo de rúcula em sistemas hidropônicos tem se mostrado eficaz em ambientes com salinidade elevada e disponibilidade hídrica limitada, ao possibilitar o controle preciso da nutrição e da concentração salina da solução nutritiva (Guardabaxo et al., 2020). Essa técnica contribui para o uso mais eficiente da água, melhora o desempenho agrônômico da cultura e favorece características pós-colheita, como relatado por (Dalastra; Teixeira Filho; Vargas, 2020). Diante disso, este estudo teve como objetivo avaliar os efeitos da salinidade da água de irrigação e da aplicação de Stimulate[®] sobre a qualidade fisiológica e agrônômica da rúcula cultivada em sistema semi-hidropônico.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na área experimental do Departamento de Ciências Agrônômicas e Florestais do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), campus Oeste, localizada na BR 110, km 47, no município de Mossoró-RN. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado (DIC), em esquema fatorial 3×4 com três repetições. Foram testados três níveis de salinidade (0,5; 2,5 e 5,0 dS m⁻¹) em solução nutritiva e quatro métodos de aplicação do bioestimulante Stimulate[®]: tratamento de sementes (20 mL kg⁻¹), pulverização foliar (10 mL L⁻¹), aplicação combinada (sementes+foliar) e controle. A semeadura direta foi realizada em bandejas plásticas (14×37×60 cm), com capacidade de 20 litros, contendo substrato de fibra de coco e areia 2:1 (v/v), utilizando 20 sementes de rúcula (cv. cultivada) da marca comercial Topseed[®] por cova a 0,5 cm de profundidade.

O sistema semi-hidropônico contou com irrigação automatizada com (5 ciclos diários de 1 minuto) e recirculação individualizada da solução nutritiva, preparada conforme (Furlani, 1997) com pH ajustado para 5,5 a 6,5. A condutividade elétrica foi monitorada diariamente para

manutenção dos tratamentos. Foram feitas duas aplicações foliares de 20 mL kg⁻¹, aos 20 e 30 dias após a semeadura (DAS), com intervalo de 10 dias, usando pulverizador manual. As plantas foram colhidas aos 40 DAS e avaliadas quanto aos parâmetros de qualidade: teor de vitamina C (mg de ácido ascórbico/100g), sólidos solúveis (graus Brix), acidez titulável (% de ácido cítrico), condutividade elétrica do suco (dS m⁻¹), relação SS/AT e pH. Os dados foram submetidos à ANOVA e as médias comparadas pelo teste de Tukey (p≤0,05) no software SISVAR, versão 5.3 (Ferreira, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Tabela 1. Efeito da salinidade e dos tratamentos sobre Vitamina C (VTC), sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT) e razão SS/AT.

Salinidade (dS m ⁻¹)	VTC (mg/100g)	SS (°Brix)	AT (%)	SS/AT
0,5	87,18 a	2,95 a	0,17 a	16,46 a
2,5	69,79 b	2,66 a	0,18 a	14,80 a
5,0	73,02 ab	2,72 a	0,16 a	16,31 a
Tratamento	VTC (mg/100g)	SS (°Brix)	AT (%)	SS/AT
A (controle)	76,76 a	2,24 a	0,16 a	13,64 a
S (semente)	80,20 a	3,35 a	0,18 a	18,07 a
F (foliar)	75,06 a	2,87 ab	0,18 a	15,65 ab
S + F	74,63 a	2,64 ab	0,16 a	16,06 ab

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (p ≤ 0,05).

Conforme a Tabela 1, a salinidade reduziu significativamente a vitamina C (VTC) no suco de rúcula, de 87,18 mg/100g no controle para 69,79 mg/100g a 2,5 dS m⁻¹ (p ≤ 0,05), enquanto na salinidade de 5,0 dS m⁻¹ o valor foi de 73,02 mg/100g, sem diferença estatística controle. Para sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT) e a razão SS/AT, não houve diferenças significativas, com valores entre 2,66 a 2,95 °Brix, 0,16 a 0,18% e 14,80 a 16,46, respectivamente. Isso indica que a vitamina C é mais sensível à salinidade, enquanto outros parâmetros sensoriais permanecem estáveis, corroborando (Maggio et al., 2004) que destacam que efeitos da salinidade sobre SS e vitamina C variam conforme genótipo e condições ambientais.

Nos tratamentos com bioestimulantes, não houve diferenças estatísticas nos teores de VTC, que variaram de 74,63 mg/100g (semente + foliar) a 80,20 mg/100g (via semente). Para SS, o maior valor foi obtido via semente (3,35 °Brix), seguido de foliar (2,87 °Brix), combinada (2,64 °Brix) e controle (2,24 °Brix), indicando tendência de incremento em relação ao controle.

A AT variou de 0,16% a 0,18%, sem diferença significativa. A razão SS/AT apresentou maiores valores na aplicação via semente (18,07), seguida de combinação (16,06), foliar (15,65) e controle (13,64), mostrando aumento nos tratamentos em relação ao controle. A salinidade intermediária (2,5 dS m⁻¹) foi a mais prejudicial para VTC, SS e SS/AT, com reduções médias de 19,95%, 9,83% e 10,09%, respectivamente, em relação a 0,5 dS m⁻¹, exceto para AT. O leve aumento em 5 dS m⁻¹ sugere resposta adaptativa, como relatado por (Ostaci et al., 2023). O tratamento via semente apresentou os melhores resultados para VTC, SS e SS/AT, com diferenças de até 7,47%, 49,55% e 32,45% frente ao controle, respectivamente.

Resultados semelhantes foram descritos por (Mousa et al., 2024), que verificaram que o pré-tratamento de sementes com ácido salicílico melhorou significativamente os teores de sólidos solúveis totais, acidez titulável e vitamina C, além de aumentar a produtividade, confirmando que o tratamento pré-germinativo pode influenciar positivamente tanto a qualidade sensorial quanto o rendimento. Esses achados reforçam que a combinação de salinidade moderada com aplicação de bioestimulantes, especialmente via semente, favorece a manutenção ou incremento de compostos bioativos, alinhando-se a relatos de efeitos positivos dessa interação em hortaliças (Ikiz; Dasgan; Gruda, 2024).

Tabela 2. CE do suco de rúcula (dS m⁻¹) sob interação entre salinidade e Stimulate. A: ausência de Stimulate®; S: aplicação na semente; F: aplicação nas folhas; S + F: aplicação na semente e nas folhas.

Salinidade (dS m ⁻¹)	A	S	F	S + F
0,5	2,29 aA	2,38 aA	2,07 cB	2,38 aA
2,5	2,79 aB	2,35 aB	2,34 bB	2,35 aB
5,0	2,75aA	2,45 bBc	2,63 aAB	2,45 aB

Letras minúsculas comparam tratamentos dentro da salinidade; maiúsculas comparam salinidades dentro do tratamento (Tukey, p ≤ 0,05).

De acordo com a Tabela 2, a condutividade elétrica (CE) do suco de rúcula foi influenciada significativamente pela interação entre salinidade e aplicação de Stimulate® (p ≤ 0,05). Na salinidade de 0,5 dS m⁻¹, os valores variaram de 2,07 dS m⁻¹ na aplicação foliar para 2,38 dS m⁻¹ nas aplicações via semente e combinação semente + foliar, sendo o controle de 2,29 dS m⁻¹. Para a salinidade de 2,5 dS m⁻¹, a maior CE foi observada no controle (2,79 dS m⁻¹), enquanto os tratamentos com Stimulate® apresentaram valores menores, porém semelhantes entre si: 2,35 dS m⁻¹ na aplicação via semente, 2,34 mS/cm na foliar e 2,35 dS m⁻¹ na combinação. Já para 5,0 dS m⁻¹, os valores foram de 2,75 dS m⁻¹ no controle, 2,45 dS m⁻¹ na aplicação via semente, 2,63 dS m⁻¹ na foliar e 2,45 dS m⁻¹ na aplicação combinada.

Comparando as salinidades dentro de cada tratamento, observou-se aumento significativo da CE no controle, de 2,29 para 2,79 e 2,75 dS m⁻¹ com o aumento da salinidade. Na aplicação

foliar, os valores subiram de 2,07 para 2,34 e 2,63 dS m⁻¹. Nas aplicações via semente e combinação semente + foliar, os valores mantiveram-se mais estáveis, variando de 2,38 para 2,35 e 2,45 dS m⁻¹, sugerindo efeito atenuante da salinidade nesses tratamentos. Podemos observar uma tendência de aumento da CE do suco da rúcula de acordo com o incremento da salinidade no tratamento controle (A), sendo a diferença média de 21,83 e 20,09%, para 2,5 e 5 dS m⁻¹, respectivamente, em relação à salinidade de 0,5 dS m⁻¹. Em F, os aumentos foram de 13,04 e 27,05% para a mesma relação.

Os tratamentos S e S+F não seguiram a mesma tendência, o que sugere que a aplicação de bioestimulantes via sementes, isoladamente ou combinada com a via foliar, pode ter favorecido a regulação osmótica, reduzido o acúmulo de íons tóxicos e estimulado a produção de compostos antioxidantes, contribuindo para a estabilidade fisiológica e a adaptação das plantas sob estresse salino (Boutahiri et al., 2024).

Tabela 3. Interação entre salinidade e tratamento sobre o pH. A: ausência de Stimulate®; S: aplicação na semente; F: aplicação nas folhas; S + F: aplicação na semente e nas folhas.

Salinidade (dS m ⁻¹)	A	S	F	S + F
0,5	5,74 abA	5,76 aA	5,80 aA	5,65 aA
2,5	5,61 aA	5,67 aA	5,75 aA	5,67 aA
5,0	5,85 aA	5,79 aAB	5,66 aA	5,84 aA

Letras minúsculas comparam tratamentos dentro da salinidade; maiúsculas comparam salinidades dentro do tratamento (Tukey, p ≤ 0,05).

Os resultados apresentados na Tabela 3 indicam que o pH do suco de rúcula variou pouco entre os diferentes tratamentos e níveis de salinidade, sem diferenças estatísticas significativas (p > 0,05). Na salinidade de 0,5 dS m⁻¹, o pH foi de 5,74 no controle (A), 5,76 na aplicação via semente (S), 5,80 na aplicação foliar (F) e 5,65 na aplicação combinada (S + F). Na salinidade de 2,5 dS m⁻¹, os valores de pH foram 5,61 no controle (A), 5,67 na aplicação via semente (S), 5,75 na foliar (F) e 5,67 na combinação de semente e foliar (S + F). Para a maior salinidade testada, 5,0 dS m⁻¹, o pH variou entre 5,85 no controle (A), 5,79 na aplicação via semente (S), 5,66 na aplicação foliar (F) e 5,84 na aplicação combinada (S + F). Essa estabilidade indica que o pH é relativamente pouco sensível ao estresse salino nas condições avaliadas. Resultado semelhante foi reportado por (Jardina et al., 2017), que observaram variações estreitas de pH em cultivares de rúcula cultivadas em sistema semi-hidropônico, reforçando que este parâmetro tende a manter-se estável mesmo diante de diferentes condições de cultivo.

CONCLUSÕES

A menor salinidade (0,5 dS m⁻¹) maximiza o teor de vitamina C na rúcula, que sofre uma queda acentuada com o aumento da salinidade, mas apresenta uma recuperação parcial em 5,0 dS m⁻¹, o que pode indicar um ajuste fisiológico da planta. A aplicação do bioestimulante Stimulate[®], especialmente via tratamento de sementes, ajuda a melhorar a qualidade da rúcula sob estresse salino. O manejo adequado da salinidade e o uso de bioestimulantes podem promover respostas fisiológicas benéficas às plantas. Essas práticas contribuem para a produção de hortaliças mais nutritivas em ambientes desafiadores.

AGRADECIMENTOS:

PPGMSA, UFERSA, CAPES, IRRIGANUTRI

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BOUTAHIRI, S.; BENRKIA, R.; TEMBENI, B.; IDOWU, O. E.; OLATUNJI, O. J. Effect of biostimulants on the chemical profile of food crops under normal and abiotic stress conditions. **Current Plant Biology**, v. 40, p. 100410, 2024. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214662824000926>. Acesso em: 8 ago. 2025.

CARVALHO, B. L.; AIRES, E. S.; RODRIGUES, J. D.; ONO, E. O. Use of Plant Regulators for Activation of Antioxidant Enzymes in Basil Plants under Water Deficit Conditions. **Stresses**, v. 3, n. 1, p. 282–301, 2023. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2673-7140/3/1/21>. Acesso em: 10 ago. 2025.

CAVALCANTE, W. S. da S.; SILVA, N. F. da; TEIXEIRA, M. B.; FILHO, F. R. C.; NASCIMENTO, P. E. R.; CORRÊA, F. R. Eficiência Dos Bioestimulantes No Manejo Do Déficit Hídrico Na Cultura Da Soja. **IRRIGA**, v. 25, n. 4, p. 754–763, 2020. Disponível em: <https://revistas.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/view/4186>. Acesso em: 10 ago. 2025.

CEAGESP. **Rúcula hidropônica é o produto destaque da semana** (23 a 27/09) no atacado da CEAGESP. Disponível em: <https://ceagesp.gov.br/comunicacao/noticias/rucula-hidroponica-dica-da-semana/>. Acesso em: 10 ago. 2025.

DALASTRA, C.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; VARGAS, P. F. Periodicity of Exposure of Hydroponic Lettuce Plants to Nutrient Solution1. **Revista Caatinga**, v. 33, p. 81–89, 2020. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rcaat/a/MrzyPYMDX6W97hpFpFzqHrt/>. Acesso em: 8 ago. 2025.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039–1042, 2011. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-70542011000600001&lng=en&tlng=en. Acesso em: 11 ago. 2025.

FURLANI, P. R. **Instruções para o cultivo de hortaliças de folhas pela técnica de hidroponia - NFT.**: Boletim Técnico 168. Campinas-SP: Instituto Agrônomo de Campinas - IAC, 1997.

GUARDABAXO, C. M. S.; ASSIS, K. C. C.; FIGUEIREDO, F. C.; SILVA, L. F. CULTIVO DA RÚCULA EM SISTEMA HIDROPÔNICO SOB DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE SAIS. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**, v. 14, n. 3, p. 274–282, 2020. Disponível em: <https://seer.tupa.unesp.br/index.php/BIOENG/index>. Acesso em: 14 ago. 2025.

IKIZ, B.; DASGAN, H. Y.; GRUDA, N. S. Utilizing the power of plant growth promoting rhizobacteria on reducing mineral fertilizer, improved yield, and nutritional quality of Batavia lettuce in a floating culture. **Scientific Reports**, v. 14, n. 1, p. 1616, 2024. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41598-024-51818-w>. Acesso em: 12 jun. 2025.

JARDINA, L. L.; CORDEIRO, C. A. M.; SILVA, M. C. de C.; SANCHES, A. G.; JÚNIOR, P. V. de A. Desempenho produtivo e qualidade de cultivares de rúcula em sistema semi-hidropônico. **REVISTA DE AGRICULTURA NEOTROPICAL**, v. 4, n. 1, p. 78–82, 2017. Disponível em: <https://periodicosonline.uems.br/agrineo/article/view/1399>. Acesso em: 14 ago. 2025.

LANA, M. M. **Rúcula - Portal Embrapa**. 2022. Disponível em: <https://www.embrapa.br/hortalia-nao-e-so-salada/rucula>. Acesso em: 8 ago. 2025.

MAGGIO, A.; DE PASCALE, S.; ANGELINO, G.; RUGGIERO, C.; BARBIERI, G. Physiological response of tomato to saline irrigation in long-term salinized soils. **European**

Journal of Agronomy, v. 21, n. 2, p. 149–159, 2004. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1161030103000923>. Acesso em: 14 ago. 2025.

MOUSA, M.; AL-OTTIBI, T.; MOHAMMAD, R.; IBRAHIM, O.; AL-HARBY, H. An Overview of the Impact of Seed Priming on Tomato (*Solanum lycopersicum*) L.) under normal and salt conditions: From Seed Germination to Harvest. **Journal of King Abdulaziz University-Meteorology Environment and Arid Land Agriculture Sciences**, v. 33, n. 1, p. 1–13, 2024. Disponível em: <https://journals.kau.edu.sa/index.php/mealas/article/view/931>. Acesso em: 14 ago. 2025.

OSTACI, Ștefănică; SLABU, C.; MARTA, A. E.; COVAȘĂ, M.; MINIATĂ, I.; JIȚĂREANU, C. D. The Influence of Salt Stress on the Content of Vitamin C in the Leaves of some Varieties and Lines of Bitter Cucumber (*Momordica charantia*). **Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca. Horticulture**, v. 80, n. 2, p. 65–70, 2023. Disponível em: <https://journals.usamvcluj.ro/index.php/horticulture/article/view/14689>. Acesso em: 13 ago. 2025.

YANG, Y.; GUO, Y. Unraveling salt stress signaling in plants. **Journal of Integrative Plant Biology**, v. 60, n. 9, p. 796–804, 2018. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/jipb.12689>. Acesso em: 11 ago. 2025.