

ÍNDICES DE CLOROFILA DE RUCULA CULTIVADA SOB SOLUÇÃO NUTRITIVA E FREQUÊNCIAS DE CIRCULAÇÃO EM SISTEMA AEROPONICO VERTICAL

ALLYSSON JONHNNY TORRES MENDONÇA¹, GEOVANI SOARES DE LIMA², MAIRTON GOMES DA SILVA³, LAURIANE ALMEIDA DOS ANJOS SOARES⁴ e HANS RAJ GHEYI⁵.

¹Doutorando em Engenharia Agrícola (PPGEA/UFCG), Campina Grande-PB, allyssonjonhnnny@hotmail.com;

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

⁴Dr. Prof. Visitante, UFRB, Cruz das Almas-BA, mairtong@hotmail.com;

²Dra. em Engenharia Agrícola, Prof. Adj. CCTA, UFCG, Pombal-PB, laurispo.agronomia@gmail.com;

²Dr. em Engenharia Agrícola, CTRN, UFCG, Campina Grande-PB, hgheyi@gmail.com.

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC
6 a 9 de outubro de 2025

RESUMO: A região semiárida do Brasil é caracterizada por chuvas irregulares e alta evaporação, o que pode favorecer a salinização dos solos e da água. O cultivo em sistema hidropônico surge com alternativa para reduzir os impactos do estresse salino nas plantas. Objetivou-se com esta pesquisa avaliar os efeitos das frequências de circulação e das soluções nutritivas salinas no cultivo de rúcula em sistema aeropônico vertical. O experimento foi conduzido em delineamento de blocos casualizados, em esquema fatorial 4×2 , sendo quatro formas de frequência de aplicação (5/10, 5/15, 10/10 e 15/15 minutos – aplicação/repouso) e dois níveis de condutividade elétrica da água (água de abastecimento – 0,30 e 5,5 dS m^{-1}), com quatro repetições. A condutividade elétrica da água de 5,5 dS m^{-1} elevou os índices de clorofila *a* e *b* da rúcula, aos 27 dias após o transplântio. A relação clorofila *a/b* da rúcula é reduzida pela condutividade elétrica da água de 5,5 dS m^{-1} em sistema aeropônico vertical.

PALAVRAS-CHAVE: *Eruca sativa* L.; estresse salino; cultivo sem solo.

CHLOROPHYLL INDICES OF ARUGULA GROWN UNDER NUTRIENT SOLUTION AND CIRCULATION FREQUENCIES IN A VERTICAL AEROPONIC SYSTEM

ABSTRACT: The semi-arid region of Brazil is characterized by irregular rainfall and high evaporation, which can favor soil and water salinization. Cultivation in a hydroponic system emerges as an alternative to reduce the impacts of salt stress on plants. This study aimed to evaluate the effects of circulation frequencies and saline nutrient solutions on arugula cultivation in a vertical aeroponic system. The experiment was conducted in a randomized block design, in a 4×2 factorial scheme, with four application frequency regimes (5/10, 5/15, 10/10, and 15/15 minutes – application/rest) and two levels of water electrical conductivity (supply water – 0.30 and 5.5 dS m^{-1}), with four replications. The electrical conductivity of 5.5 dS m^{-1} increased chlorophyll *a* and *b* indices in arugula at 27 days after transplanting. The chlorophyll *a/b* ratio of arugula was reduced by the electrical conductivity of 5.5 dS m^{-1} in the vertical aeroponic system.

KEYWORDS: *Eruca sativa* L.; salt stress; soilless cultivation.

INTRODUÇÃO

A produção agrícola na região semiárida do Brasil é desafiada por condições climáticas adversas, marcadas por chuvas esporádicas e intensa perda de água por evaporação. Esse cenário reduz o acesso a recursos hídricos com qualidade adequada para uso agrícola. Frequentemente, as águas subterrâneas disponíveis apresentam elevada salinidade, o que pode causar desequilíbrios nutricionais

nas plantas e contribuir para o acúmulo de sais no solo, prejudicando a sustentabilidade dos cultivos irrigados (Lessa et al., 2023).

A exposição das plantas a ambientes salinos compromete seu desempenho fisiológico, limitando a absorção de água e nutrientes essenciais para o seu crescimento e desenvolvimento. Essa limitação pode levar ao acúmulo de elementos tóxicos, como sódio e cloro, nos tecidos vegetais, provocando danos visíveis, a exemplo do amarelamento e da morte celular nas folhas. (Santana Júnior et al., 2020).

O cultivo hidropônico surge como alternativa viável para regiões com água salobra, permitindo economia de cerca de 80% no uso da água em comparação com a agricultura convencional (Chowdhury et al., 2023).

A frequência da solução nutritiva consiste em ciclos de aplicação e descanso da solução, controlados por temporizadores. Além disso, práticas como controle do tempo de circulação da solução nutritiva podem reduzir a exposição aos efeitos dos sais pelas plantas, mantendo a produtividade e reduzindo custos (Costa et al., 2020).

A rúcula é ideal para o cultivo hidropônico por sua adaptação a diferentes condições e seu alto valor nutricional, se destaca pela facilidade de cultivo e pelo potencial na indústria alimentícia (Silva et al., 2021).

Objetivou-se com esta pesquisa avaliar os efeitos das frequências de circulação e das soluções nutritivas salinas no cultivo de rúcula em sistema aeropônico vertical.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado sob condições de casa de vegetação na área experimental do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola (PPGEA)/Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia/UFRB, em Cruz das Almas – BA, situado pelas coordenadas geográficas: latitude 12°40'19" S, longitude 39°06'23" O, altitude média de 220 m.

A estrutura da estufa é do tipo arco simples, orientada no sentido Leste-Oeste, com dimensões de 3 m de altura, 7 m de largura e 28 m de comprimento (área de 196 m²), sendo coberta com filme de polietileno transparente (150 µm com proteção UV) e laterais com tela de sombreamento de 50%.

Adotou-se um delineamento em blocos ao acaso com arranjo fatorial 4 × 2, correspondendo a quatro frequências de aplicação da solução nutritiva (5/10, 5/15, 10/10 e 15/15 min – aplicação/repouso) e dois níveis de condutividade elétrica da água (0,30 e 5,5 dS m⁻¹), com quatro repetições, totalizando 40 unidades experimentais (14 plantas cada). A solução nutritiva foi preparada nos reservatórios com águas conforme o tratamento da condutividade elétrica. Os níveis de CEs_n foram definidos com base de estudos realizados por Alves et al. (2019). A cultivar utilizada foi a rúcula *Apreciatta* folha larga, escolhida por sua elevada produtividade, sabor e ciclo curto (40 a 50 dias).

O sistema aeropônico consistiu em torres verticais feitas com tubos de PVC (200 mm de diâmetro e 1 m de altura), acopladas a um reservatório de 50 L e bomba de 34 W (adaptada de máquina de lavar), conectada por tubo PVC de 20 mm. A solução foi injetada sobre um *cap* na parte de cima da torre acoplado com um tubo PVC de 3 cm, o qual foi perfurado no sentido das aberturas dos orifícios circulares (orifícios foram abertos em cinco faces do tubo). Dessa forma, o movimento da solução no interior do tubo se dará como um chuveiro, e assim, foi fornecido a solução nutritiva no sistema radicular das plantas.

A solução nutritiva, utilizada foi adaptada de Furlani et al. (1999), composta por: 750 g de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, 500 g de KNO_3 , 150 g de $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$, 400 g de $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ e 15 g de micronutrientes (g/1.000 L de água) da Plantpar® respectivamente, com vazão de 1,2 L/min.

As mudas foram produzidas em espuma fenólica ($2 \times 2 \times 2$ cm), com quatro sementes por célula, cultivadas em berçário tipo NFT com solução a 50% até a formação de duas folhas verdadeiras, sendo então transplantadas para as torres. A água salina foi preparada com adição de NaCl não iodado à água de abastecimento ($\text{CEa} \sim 0,30 \text{ dS m}^{-1}$), ajustando-se a salinidade para $5,5 \text{ dS m}^{-1}$ com base na equação:

$$Q_{\text{NaCl}} = \frac{[58,45 \times (\text{CEa} - 0,3)]}{100} \quad (1)$$

Em que:

Q_{NaCl} = Quantidade de NaCl (g L^{-1}); e,

CEa = Condutividade elétrica da água desejada (dS m^{-1})

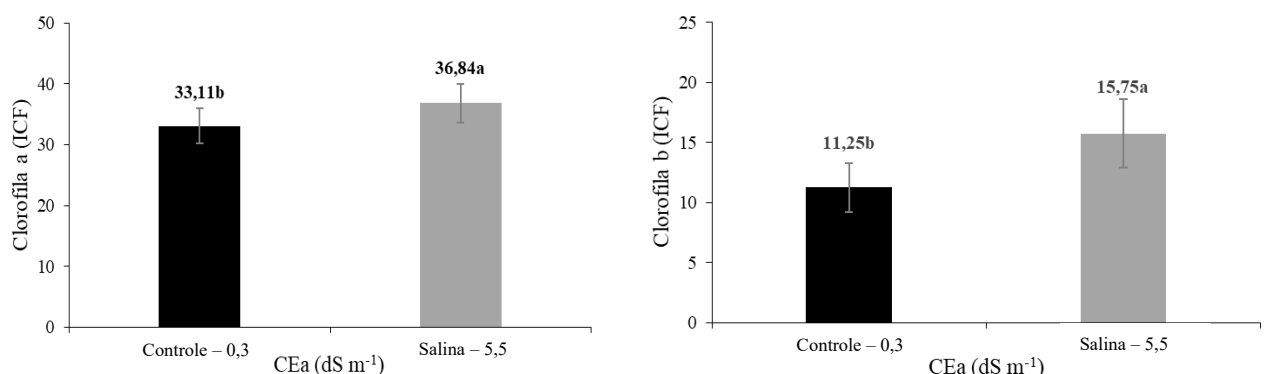
Realizou-se as programações para o acionamento das eletrobombas usando microcontrolador na placa Arduino. Para isso, no Arduino foi acoplado um shield datalogger que integrado a um relógio em tempo real (RTC), com funções de data, hora e calendário bem como um módulo relé para cada tempo de circulação. As aplicações foram programadas para ocorrerem entre 6:00 e 19:00, conforme tratamento; nos outros horários, não foi aplicada as soluções nutritivas. Foi avaliado aos 27 dias após o transplântio - DAT o índice de clorofila *a* e *b*, e a relação *a/b* usando um medidor portátil Clorofilog, FALKER®.

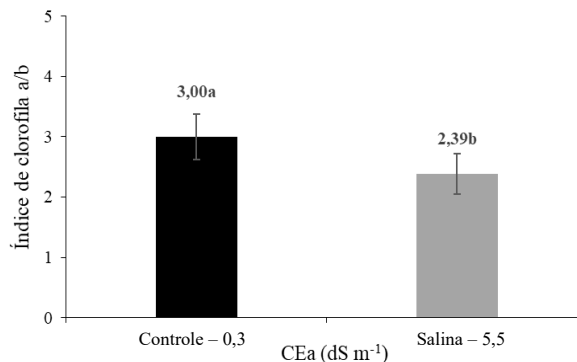
Os dados obtidos foram submetidos a teste de normalidade (Shapiro-Wilk) e posteriormente realizado a análise de variância ($p \leq 0,05$) pelo teste Fisher (F). Em caso de significância, as médias obtidas em função da concentração elétrica da água foram comparadas pelo teste de Fisher (CEa) e Tukey ($p \leq 0,05$) para as frequências de aplicação da solução nutritiva, utilizando-se o software SISVAR (Ferreira, 2019).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As diferentes frequências de circulação da solução nutritiva, bem como a interação entre os fatores avaliados, não influenciaram significativamente nenhuma das variáveis analisadas no cultivo da rúcula aos 27 dias após a transplantação (DAT). Por outro lado, os níveis de condutividade elétrica da água (CEa) afetou de forma significativo todas as variáveis estudadas.

Figura 1: Índice de clorofila *a* (A), *b* (B) e relação *a/b* (C) da rúcula em função das frequências de aplicação da solução nutritiva, aos 27 dias após o transplântio





Médias seguidas por letras minúsculas diferentes diferem entre si, conforme teste de Tukeya 1% ou 5% de probabilidade.

Observou-se que o índice de clorofila *a* foi significativamente maior nas plantas cultivadas sob CEa de 5,5 dS m⁻¹, alcançando 36,84 (ICF), em comparação ao controle (0,30 dS m⁻¹), que apresentou 33,11 (ICF).

De maneira semelhante, o índice de clorofila *b* também aumentou significativamente sob condição salina, com valor de 15,75 (ICF), em relação ao controle, que registrou 11,25 (ICF).

Em contrapartida, a relação entre os índices de clorofila *a/b* foi significativamente menor no tratamento com água salobra (2,39 ICF) quando comparado ao controle (3,00 ICF).

O aumento no índice de clorofila em resposta a alta concentração de sais presentes na condutividade elétrica da água pode ser atribuído à densidade de cloroplastos. Sob condições de salinidade, o cultivo de plantas tende a reduzir a área foliar. Essa diminuição permite que a densidade de cloroplastos aumente, resultando em um alto teor de clorofila por unidade de área foliar (Oliveira et al. 2023).

CONCLUSÃO

A condutividade elétrica da água de 5,5 dS m⁻¹ elevou os índices de clorofila *a* e *b* da rúcula, aos 27 dias após o transplante. A relação clorofila *a/b* da rúcula é reduzida pela condutividade elétrica da solução nutritiva de 5,5 dS m⁻¹ em sistema aeropônico vertical.

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos a CAPES pela concessão de bolsa de pesquisa ao primeiro autor ao INCT em Agricultura Sustentável no Semiárido Tropical-INCTAGriS (CNPq/Funcap/Capes), processos 406570/2022-1 (CNPq), Processo INCT-35960-62747.65.95/51 (Funcap) e INCITE – Economia verde (UFRB).

REFERÊNCIAS

- Alves, L. S.; Silva, M. G.; Gheyi, H. R.; Paz, V. P. S.; Soares, T. M.; Rafael, M. R. S. Uso de águas salobras no cultivo da chicória em condições hidropônicas. *Irriga*, v. 24, n. 4, p. 758-769, 2019.
- Chowdhury, M.; Gulandaz, M. A.; Islam, S.; Reza, M. N.; Ali, M.; Islam, M. N.; Park, S. -U.; Chung, S. O. Lighting conditions affect the growth and glucosinolate contents of Chinese kale leaves grown in an aeroponic plant factory. *Horticulture, Environment, and Biotechnology*, v. 64, n. 3, p. 97-113, 2023.

- Ferreira, D. F. SISVAR: A computer analysis system to fixed effects split-plot type designs. *Revista Brasileira de Biometria*, v. 37, n. 4, p. 529-535, 2019.
- Furlani, P. R.; Silveira, L. C. P.; Bolonhezi, D.; Faquin, V. Cultivo hidropônico de plantas. São Paulo: Instituto Agronômico de Campinas, 72p. 1999.
- Lessa, C. I. N.; Lacerda, C. F.; Cajazeiras, C. C. A.; Neves, A. L. R.; Lopes, F. B.; Silva, A. O.; Sousa, H. C.; Gheyi, H. R.; Nogueira, R. S.; Lima, S. C. R. V.; Costa, R. N. T.; Sousa, G. G. Potential of brackish groundwater for different biosaline agriculture systems in the Brazilian semi-arid region. *Agriculture*, v. 13, n. 3, e550, 2023.
- Oliveira, T. de.; Santos Júnior, J. A.; Silva, M. G. da; Gheyi, H. R.; Almeida, J. C. de; Guiselini, C. Cultivation of chicory under nutrient solutions prepared in brackish waters and applied at different temperatures. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 27, n. 9, p.719-728, 2023.
- Santana Júnior, E. B.; Coelho, E. F.; Gonçalves, K. S.; Cruz, J. L. Comportamento fisiológico e vegetativo de cultivares de bananeira sob salinidade da água de irrigação. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 24, n. 2, p 82-88, 2020.
- Silva, C.; Crivelari, A.; Correa, J. Desenvolvimento de mudas de alface e rúcula tratadas com biofertilizante de extrato de algas. *Científic@ - Multidisciplinary Journal*, v. 8, n. 1, p. 1-10, 2021.