

ÍNDICES DE CLOROFILA NO CULTIVO DE RUCULA EM SISTEMA HIDROPÔNICO SOB ESTRESSE SALINO

ALLYSSON JONHNNY TORRES MENDONÇA¹, GEOVANI SOARES DE LIMA², MAIRTON GOMES DA SILVA³, JOSÉ ANDREY AMORIM LEITE DIAS⁴ 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;

³Prof. Visitante, UFRB, Cruz das Almas-BA, mairtong@hotmail.com;

⁴Graduando em agronomia, UFRB, Cruz das Almas – BA, agro.zeandrey@gmail.com;

⁵Dr. 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: O semiárido brasileiro é caracterizado por chuvas escassas e mal distribuídas, além de elevadas taxas de evaporação, condições que favorecem o acúmulo de sais nos recursos hídricos e nos solos. Diante desse cenário, o cultivo hidropônico surge como uma alternativa viável para mitigar os efeitos da salinidade sobre o crescimento e desenvolvimento das plantas, proporcionando um ambiente controlado e mais eficiente para a produção agrícola. Objetivou-se avaliar os efeitos de distintas frequências de aplicação da solução nutritiva salina no cultivo de rúcula em sistema hidropônico do tipo Técnica do Fluxo Laminar de Nutrientes - NFT. O experimento foi conduzido em delineamento em blocos casualizados, em esquema fatorial 4×2 , sendo quatro frequências 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 $0,30 \text{ dS m}^{-1}$ e $5,5 \text{ dS m}^{-1}$), com quatro repetições. As frequências de aplicação da solução nutritiva de 5/15, 10/10 e 15/15 min aplicação/repouso proporcionaram maiores índice de clorofila *a* e *b* nas plantas de rúcula. A condutividade elétrica da água - CEa $5,5 \text{ dS m}^{-1}$ promoveu aumento nos índices de clorofila *a* e *b*, no cultivo de rúcula aos 27 dias após a inserção no sistema hidropônico do tipo NFT.

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

CHLOROPHYLL INDICES IN ARUGULA CULTIVATION IN A HYDROPONIC SYSTEM UNDER SALINE STRESS

ABSTRACT: The Brazilian semi-arid region is characterized by scarce and poorly distributed rainfall, along with high evaporation rates—conditions that favor the accumulation of salts in water resources and soils. In this context, hydroponic cultivation emerges as a viable alternative to mitigate the effects of salinity on plant growth and development, by providing a controlled and more efficient environment for agricultural production. This study aimed to evaluate the effects of different frequencies of saline nutrient solution application on arugula cultivation in a Nutrient Film Technique (NFT) hydroponic system. The experiment was conducted in a randomized block design, in a 4×2 factorial scheme, consisting of four application frequencies (5 min/10 min, 5 min/15 min, 10 min/10 min, and 15 min/15 min – control) and two levels of water electrical conductivity (supply water at 0.30 dS m^{-1} and 5.5 dS m^{-1}), with four replications. The application frequencies of 5/15, 10/10, and 15/15 minutes (application/rest) resulted in higher chlorophyll *a* and *b* indices in arugula plants. The electrical conductivity of the water ($EC_w = 5.5 \text{ dS m}^{-1}$) led to an increase in chlorophyll *a* and *b* indices in arugula cultivation at 27 days after insertion into the NFT hydroponic system.

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

INTRODUÇÃO

As atividades agrícolas no semiárido brasileiro são desafiadas por fatores climáticos adversos, como a baixa pluviosidade e os altos índices de evaporação, o que compromete a oferta de água com qualidade adequada para irrigação. As fontes hídricas disponíveis, especialmente os aquíferos profundos, apresentam elevados teores de sais dissolvidos, o que pode induzir o estresse salino nas plantas e acelerar a salinização dos solos. O excesso de sais na água e/ou no solo compromete o desempenho fisiológico das culturas sensíveis ao estresse salino, dificultando a absorção de água e nutrientes, além de favorecer o acúmulo de íons tóxicos, como sódio (Na^+) e cloreto (Cl^-), levando a sintomas visíveis como amarelamento (clorose) e morte celular (necrose) das folhas (Santos et al., 2018).

Nesse contexto, a hidroponia se consolida como uma alternativa eficiente para regiões com restrição hídrica e uso de águas salobras, permitindo uma redução significativa no consumo de água — podendo alcançar até 80% de economia em comparação com métodos tradicionais (Lira et al., 2018).

Estratégias como a aplicação intermitente da solução nutritiva e o controle dos ciclos de aplicação da solução nutritiva têm se mostrado eficazes na atenuação dos impactos do estresse salino sobre o metabolismo das plantas, contribuindo para a manutenção da produtividade e a otimização de recursos.

Objetivou-se avaliar os efeitos de distintas frequências de aplicação da solução nutritiva salina nos índices de clorofila de rúcula em sistema hidropônico do tipo NFT.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido sob condições de casa de vegetação localizada na área experimental do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola (PPGEA/UFRB), Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), em Cruz das Almas – BA, situado pelas coordenadas geográficas: 12°40'19" S de latitude, 39°06'23" O de longitude, com altitude média de 220 metros).

A casa de vegetação, do tipo arco simples, está orientada no sentido Leste-Oeste e possui dimensões de 3 metros de altura, 7 metros de largura e 28 metros de comprimento, totalizando uma área de 196 m². Sua cobertura é composta por filme de polietileno transparente com 150 micrômetros de espessura e proteção contra raios UV; as laterais são fechadas com tela de sombreamento de 50%.

O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados, em arranjo fatorial 4 × 2, correspondendo a quatro frequências de solução nutritiva (5/10, 5/15, 10/10 e 15/15 minutos – aplicação/repouso) e dois níveis de condutividade elétrica da água (0,30 dS m⁻¹ água de abastecimento e 5,5 dS m⁻¹), com quatro repetições, totalizando 40 unidades experimentais, cada uma composta por 14 maços, conforme parâmetros estabelecidos por Silva et al. (2021). A cultivar selecionada foi a rúcula ‘Apreciatta’ de folhas largas, escolhida por apresentar alta produtividade, sabor marcante e ciclo de cultivo reduzido, variando entre 40 e 50 dias. Utilizando 4 sementes por maço.

O sistema hidropônico utilizado foi do tipo NFT (Nutrient Film Technique – Técnica de Fluxo Laminar de Nutrientes), construído com tubos de PVC de 75 mm de diâmetro e seis metros de comprimento. A estrutura foi composta por oito módulos, dispostos com espaçamento de 0,8 metro entre si. Cada módulo continha quatro canais de cultivo, posicionados com 0,4 metro de distância entre eles. Nos canais, as plantas foram dispostas com espaçamento de 0,25 metro, e a distância entre bancadas foi de 1,0 metro. Os canais foram sustentados por suportes metálicos (cavaletes) com 0,6 metro de altura, posicionados com uma inclinação de 4% para garantir o escoamento adequado da solução nutritiva. Na extremidade inferior de cada bancada foi instalada uma caixa de polietileno com capacidade de 500 litros, responsável por armazenar e redistribuir a solução nutritiva ao sistema. A recirculação da solução foi realizada por meio de uma bomba de 35 watts de potência, com vazão de 1,2 litro por minuto.

A solução nutritiva, utilizada foi adaptada de Furlani et al. (1999), foi 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) respectivamente, com vazão de 1,2 L/min.

As mudas foram formadas 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 inseridas nas torres. A água de elevada salinidade foi preparada com adição de NaCl não iodado à água da rede pública (CEa $\sim 0,30$ dS m^{-1}), ajustando-se a salinidade para $5,5$ dS m^{-1} .

A programação para o acionamento das eletrobombas foi realizada por meio de um microcontrolador embarcado em uma placa Arduino. Para tal finalidade, foi acoplado ao Arduino um shield datalogger, que integra um módulo de relógio de tempo real (RTC), responsável pelo controle de data, hora e calendário, além de um módulo relé, utilizado para controlar os tempos de circulação da solução nutritiva. As frequências foram programadas para ocorrer entre 6h00 e 19h00, de acordo com os tratamentos estabelecidos; fora desse intervalo, não houve aplicação da solução.

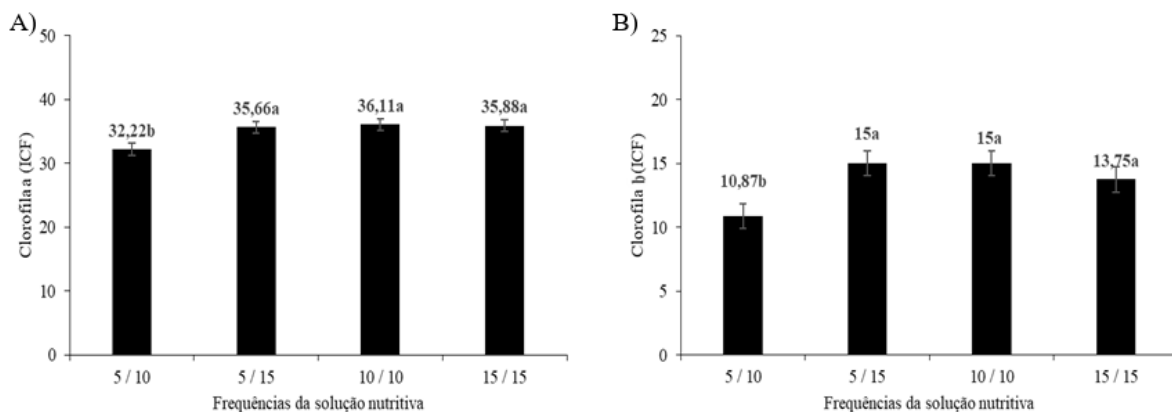
Aos 27 dias após o transplântio (DAT), foram avaliados os índices de clorofila (ICF), a e b , bem como a razão entre clorofila a/b , utilizando-se um medidor portátil Clorofilog, da marca FALKER®.

Os dados obtidos foram submetidos ao teste de normalidade (Shapiro-Wilk). Em seguida, foi realizada análise de variância, considerando nível de significância de $p \leq 0,05$, pelo teste de Fisher. Quando constatada diferença significativa, as médias referentes à condutividade elétrica da água foram comparadas pelo teste de Fisher (CEa), e as médias relativas às frequências de aplicação da solução nutritiva foram comparadas pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$), utilizando-se o software estatístico SISVAR versão 5.8 (FERREIRA, 2019).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi observado o efeito isolado da condutividade elétrica da água sobre os índices de clorofila a e b e sobre a relação a/b . Observou-se que, para o índice de clorofila a (Figura 1A), as frequências de aplicação/repouso 5/15, 10/10 e 15/15 apresentaram os maiores valores, com 35,66; 36,11 e 35,88 ICF, respectivamente. O menor valor foi registrado na frequência 5/10, com 32,22 ICF. De forma semelhante ao índice de clorofila a (Figura 1A), o índice de clorofila b (Figura 1B), alcançaram os maiores valores (15,00; 15,00 e 15,75 ICF) sob as frequências de circulação da solução nutritiva de 5/15, 10/10 e 15/15 min obtiveram os maiores valores, com, respectivamente, enquanto o menor valor também ocorreu na frequência 5/10, com 10,87 ICF.

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

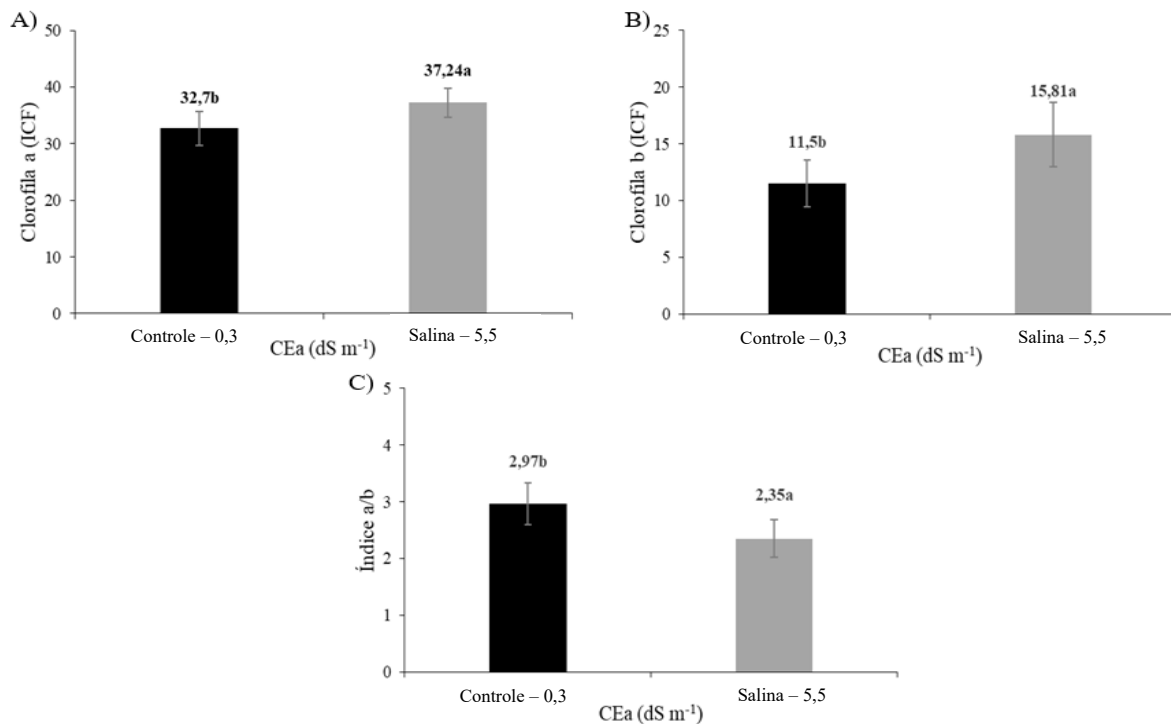


Médias seguidas por letras minúsculas diferentes diferem entre si, conforme teste de Tukey a 1% ou 5% de probabilidade.

Observou-se na Figura 2A que o índice de clorofila a foi menor no tratamento controle, com valor de 32,7 (ICF), e maior na condutividade elétrica da água com água salobra, que atingiu 37,28 (ICF). Resultado semelhante foi observado no índice de clorofila b (Figura 2B) com 11,5 (ICF) para o controle e 15,81 (ICF) nas plantas cultivadas sob CEa de $5,5$ dS m^{-1} .

Já a maior relação clorofila *a/b* (Figura 2C) foi registrada no controle, com 2,97 (ICF), enquanto o tratamento com água salobra apresentou valor inferior, de 2,35 (ICF).

Figura 2: Índice de clorofila *a* (A), *b* (B) e relação clorofila *a/b* (C) da rúcula, em função da condutividade elétrica da água, aos 27 dias após o transplântio



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

A menor tempo de circulação da solução nutritiva em tubos do sistema hidropônico pode influenciar no índice de clorofila de planta. O aumento nos índices de clorofila, em resposta às elevadas concentrações de sais associadas à condutividade elétrica da água, pode estar relacionado à maior densidade de cloroplastos. Em condições de salinidade, o crescimento foliar das plantas tende a ser limitado, resultando em uma redução da área foliar. Essa limitação, por sua vez, favorece o acúmulo de cloroplastos por unidade de área, elevando o conteúdo de clorofila nas folhas (Oliveira et al. 2023).

CONCLUSÃO

As frequências de aplicação de 5/15, 10/10 e 15/15 min (aplicação/repouso) proporcionam maiores índices de clorofila *a* e *b* nas plantas de rúcula. A condutividade elétrica da 5,5 dS m⁻¹ resulta em aumento nos índices de clorofila *a* e *b* de rúcula aos 27 dias após o transplântio em sistema hidropônico do tipo NFT.

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

- 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.
- Lira, R. M.; Silva, Ê. F. F.; Silva, G. F.; Soares, H. R.; Willadino, L. G. Growth, water consumption and mineral composition of watercress under hydroponic system with brackish water. *Horticultura Brasileira*, v. 36, n. 2, p.13-19, 2018.
- Santos, A. C.; Silva, M. G.; Boechat, C. L.; Chagas, D. S.; Mendes, W. S. Brackish water: an option for producing hydroponic *Capsicum annuum* in laminar flows of mineral nutrients. *Revista Colombiana de Ciencias Horticolas*, v. 12, n.1, p. 147-155, 2018.
- 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.
- 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.