



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS E FLORESTAIS
CURSO DE AGRONOMIA

André Castro Ribeiro

**Stimulate® como mitigador do estresse salino em rúcula cultivada no sistema
hidropônico com substrato**

MOSSORÓ-RN

2025

André Castro Ribeiro

**Stimulate® como mitigador do estresse salino em rúcula cultivada no sistema
hidropônico com substrato**

Monografia apresentada à Universidade
Federal Rural do Semi-Árido como
requisito para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Agrônômica.

Orientador: Francisco de Assis de Oliveira, Prof. Dr.

MOSSORÓ/RN

2025

©Todos os direitos estão reservados à Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996, e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tornar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata, exceto as pesquisas que estejam vinculadas ao processo de patenteamento. Esta investigação será base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) seja devidamente citado e mencionado os seus créditos bibliográficos.

R482s Ribeiro, André Castro .
Stimulate® como mitigador do estresse salino
em rúcula cultivada no sistema hidropônico com
substrato / André Castro Ribeiro. - 2025.
27 f. : il.

Orientador: Francisco De Assis De Oliveira.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Agronomia, 2025.

1. Eruca sativa Miller. 2. cultivo sem solo.
3. salinidade. 4. bioestimulante. I. Oliveira,
Francisco De Assis De, orient. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade
com AACR2 e os dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Biblioteca Campus Mossoró / Setor de Informação e Referência
Bibliotecária: Keina Cristina Santos Sousa e Silva
CRB: 15/120

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

André Castro Ribeiro

**Stimulate® como mitigador do estresse salino em rúcula cultivada no sistema
hidropônico com substrato**

Monografia apresentada à Universidade
Federal Rural do Semi-Árido como requisito
para obtenção do título de Bacharel em
Agronomia.

Defendida em: 27/03/2025.

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente



FRANCISCO DE ASSIS DE OLIVEIRA
Data: 28/03/2025 14:56:11-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Francisco de Assis de Oliveira
Presidente - UFERSA

Documento assinado digitalmente



ANTONIO GUSTAVO DE LUNA SOUTO
Data: 28/03/2025 11:27:08-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Antônio Gustavo de Luna Souto
1º Examinador - UFERSA

Documento assinado digitalmente



JOILMA MARIA DE SOUZA
Data: 28/03/2025 12:12:05-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Joilma Maria de Souza
2º Examinador - UFERSA

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus, por ter me dado forças e guiado toda a minha jornada e por me lembrar que nenhuma batalha é pesada demais ao ponto que não consigamos vencer, e com ele na frente a vitória é sempre certa.

À minha família, que é meu alicerce e um dos motivos para a conclusão deste curso. Por trás de todo esforço e cada conquista nessa trajetória foram conquistados pelo suporte que vocês me deram, e existe também o desejo de um dia retribuir todo cuidado e ajudá-los.

Ao meu professor orientador, Francisco de Assis de Oliveira, agradeço pela disposição, dedicação, paciência e por todas as orientações que me ajudaram a chegar até aqui. Seu apoio foi essencial para a construção deste trabalho. Agradeço também ao professor Nildo Dias, que me deu a oportunidade de sempre estar imerso nesse mundo inovador das agrárias. Também agradeço aos membros da banca e em especial a minha parceira, Joilma Souza, que sempre esteve disponível para me ajudar. Saber que pessoas que respeito e admiro estão avaliando meu trabalho torna essa conquista ainda mais prazerosa.

RESUMO

A rúcula (*Eruca sativa* Mill) é uma das principais hortaliças folhosas cultivadas e consumidas no Brasil, ganhando destaque principalmente devido as suas qualidades nutricionais. Como a maioria das hortaliças folhosas, o rendimento da rúcula pode ser comprometido com o aumento da salinidade da água de irrigação. Desta forma, deve-se adotar estratégias que possibilitem a redução do efeito do estresse salino sobre as plantas, a exemplo do uso de bioestimulantes. O presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar o efeito do estresse salino e formas de aplicação de bioestimulante sobre o crescimento e produção da rúcula. O experimento foi no delineamento inteiramente casualizados, no esquema fatorial 3×4 , sendo três níveis de salinidade da solução nutritiva (baixa = $2,2 \text{ dS m}^{-1}$; média = $4,0 \text{ dS m}^{-1}$ e alta = $6,0 \text{ dS m}^{-1}$) e quatro formas de aplicação do bioestimulante Stimulate® (ausência, tratamento de sementes, pulverização foliar, aplicação combinada via semente+foliar), com quatro repetições. Ao final do experimento (40 DAS) foram avaliadas as seguintes variáveis: altura de plantas, produção de folhas, número de folhas, massa da matéria fresca, massa de matéria seca, área foliar, suculência foliar e área foliar específica. A análise estatística dos dados apresentou que, exceto a número de folhas, todas as variáveis foram afetadas pela salinidade e variou de acordo com a forma de aplicação do bioestimulante. A rúcula cultivada em substrato pode ser fertirrigada com solução nutritiva salinizada com $2,5 \text{ dS m}^{-1}$ (média salinidade) sem que ocorra perdas significativa no rendimento. A aplicação de bioestimulante Stimulate® em combinações semente+foliar é uma estratégia promissora para aumentar a produção da rúcula em condição de baixa salinidade. O Stimulate® não atenuou o efeito do estresse salino sob condições de média e alta salinidade.

Palavras-chave: *Eruca sativa* Miller; cultivo sem solo; salinidade; bioestimulante.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Resumo da análise da variância para as variáveis altura de plantas (ALT), produção de folhas (PROD), número de folhas (NF), massa fresca média de plantas (MFM), massa seca (MS), área foliar (AF) suculência foliar (SF) e área foliar específica (AFE) da rúcula submetida ao estresse salino e forma de aplicação de bioestimulante em cultivo hidropônico.....	15
---	----

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Altura de plantas de rúculas em função da salinidade da solução nutritiva (A) e de forma de aplicação de bioestimulante (B) em cultivo hidropônico com substrato.....	16
Figura 2.	Área foliar de rúcula em função da salinidade da solução nutritiva e formas de aplicação de bioestimulante em cultivo hidropônico com substrato.....	17
Figura 3.	Massa fresca média de rúcula em função da salinidade da solução nutritiva de forma de aplicação de bioestimulante em cultivo hidropônico com substrato.....	18
Figura 4.	Massa fresca média de rúcula em função da salinidade da solução nutritiva (A) e de forma de aplicação de bioestimulante (B) em cultivo hidropônico com substrato.....	20
Figura 5.	Suculência foliar de rúcula em função da salinidade da solução nutritiva (A) e de forma de aplicação de bioestimulante (B) em cultivo hidropônico com substrato.....	20
Figura 6.	Área foliar específica de rúcula em função da salinidade da solução nutritiva (A) e de forma de aplicação de bioestimulante (B) em cultivo hidropônico com substrato.....	21
Figura 7.	Produção de folhas de rúcula em função da salinidade da solução nutritiva e de forma de aplicação de bioestimulante em cultivo hidropônico com substrato.....	22

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	9
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	11
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	15
5. CONCLUSÕES.....	24
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	25

1. INTRODUÇÃO

A rúcula (*Eruca sativa* Miller) é uma hortaliça folhosa pertencente à família *Brassicaceae* (Zafar-Pashanezhad *et al.*, 2020), amplamente reconhecida por seu valor nutricional e potencial agrônômico. Seu cultivo é amplamente disseminado em diversas partes do mundo, incluindo o Oriente Médio e o sul da Ásia, devido à sua adaptação a diferentes sistemas de produção e demanda crescente no mercado agrícola (Jaafar e Jaafar, 2019). É uma espécie rica em compostos bioativos, como antioxidantes e glucosinolatos, além de minerais como ferro, potássio e cálcio. Esta hortaliça desempenha papel importante na promoção da saúde humana (Lana, 2021). Sua crescente popularidade reflete a demanda por alimentos saudáveis, com destaque para sua versatilidade no consumo, seja em forma *in natura* ou processada (Pinheiro *et al.*, 2021).

No Brasil, a horticultura desempenha um papel fundamental na economia e na segurança alimentar, sendo a rúcula uma das hortaliças que vêm ganhando espaço no setor produtivo. Embora a alface ainda seja a principal folhosa cultivada, a produção de rúcula tem mostrado crescimento expressivo. Em 2016, o país produziu 40.527 toneladas da cultura, envolvendo 20.567 estabelecimentos agrícolas (IBGE, 2017). Esse avanço se reflete também no comércio, como demonstrado pelo Entrepasto Terminal São Paulo (ETSP), que em 2023, registrou a comercialização de 2.227 toneladas de rúcula hidropônica, com destaque para os polos produtores do estado de São Paulo, como Ibiúna, Piedade e Cotia (CEAGESP, 2024).

Embora a produção de rúcula tenha crescido e possua grande potencial econômico, seu cultivo enfrenta desafios em regiões semiáridas, onde a escassez de água e o acúmulo de sais no solo e na água são fatores limitantes. A salinidade da água utilizada na irrigação compromete o desenvolvimento das plantas, afetando seu metabolismo e reduzindo a produtividade (Machado & Serralheiro, 2020; Zhao *et al.*, 2017; Azevedo *et al.*, 2018).

A salinidade excessiva compromete a absorção de nutrientes essenciais, como potássio (K^+) e cálcio (Ca^{2+}), resultando em fitotoxicidade e prejudicando o crescimento das plantas (Reis *et al.*, 2016; Bryla *et al.*, 2021). Em áreas áridas e semiáridas, a qualidade da água de irrigação é crucial para a viabilidade das culturas, impactando diretamente a produtividade e a sustentabilidade agrícola (Hossain, 2019; Muthulakshmi, 2020).

O cultivo semi-hidropônico utiliza substratos inertes, que minimizam o acúmulo de sais no meio de cultivo, permitindo um controle mais preciso sobre o manejo nutricional e hídrico. Além disso, contribui para a redução de perdas por evaporação e lixiviação, otimizando o uso da água e promovendo maior sustentabilidade agrícola (Menezes Junior e Campagnoni, 2020). A aplicação de bioestimulantes no manejo agrícola tem se mostrado uma ferramenta complementar importante para mitigar os efeitos do estresse salino. Esses compostos, que incluem auxinas, giberelinas e citocininas, auxiliam na adaptação das plantas a condições adversas, promovendo o equilíbrio hídrico, a fotossíntese e o crescimento radicular. Estudos indicam que o uso de bioestimulantes pode aumentar significativamente a eficiência produtiva e a qualidade das culturas em sistemas irrigados com águas salinas (Cavalcante *et al.*, 2020; Sena; Castro; Kluge, 2019).

Dessa forma, os sistemas hidropônicos e a aplicação de bioestimulantes representam estratégias essenciais para a produção sustentável de rúcula em regiões semiáridas, pois mitigam os impactos da salinidade e maximizam a eficiência no uso de recursos hídricos e nutricionais. Diante desse cenário, este estudo tem como objetivo avaliar o impacto do bioestimulante Stimulate® na rúcula sob condições de estresse salino, determinando a forma mais eficaz, os melhores métodos de aplicação e os impactos sobre crescimento, produtividade e qualidade pós-colheita.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada em casa de vegetação localizada no setor experimental do Departamento de Ciências Ambientais e Tecnológicas, no campus oeste da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, em Mossoró, Rio Grande do Norte (5° 11' LS; 37° 20' LO e 18 m de altitude ao nível do mar).

O experimento foi conduzido no delineamento de inteiramente casualizados, com arranjo fatorial 3×4 , sendo três níveis de salinidade (baixa = 2,2 dS m⁻¹; média = 4,0 dS m⁻¹ e alta = 6,0 dS m⁻¹) em solução nutritiva e quatro formas de aplicação do bioestimulante Stimulate[®] (ausência, tratamento de sementes, pulverização foliar, aplicação combinada via semente+foliar). As dosagens aplicadas foram de 20 mL kg⁻¹ para o tratamento das sementes e 10 mL L⁻¹ para a pulverização foliar.

O bioestimulante utilizado no ensaio foi o Stimulate[®], um produto líquido composto por três reguladores vegetais contendo 90 mg L⁻¹ (0,009%) de cinetina, 50 mg L⁻¹ (0,005%) de ácido giberélico, 50 mg L⁻¹ (0,005%) de ácido indolbutírico e 99,981% de ingredientes inertes (Castro e Vieira, 2001).

Foram utilizadas sementes de rúcula (cv. cultivada) da marca comercial Topseed[®], caracterizadas por uma taxa de germinação de 80% e pureza de 99,9%. A semeadura foi realizada diretamente nas bandejas preenchidas com substrato composto por fibra de coco, sendo distribuídas 20 sementes por cova a uma profundidade uniforme de 0,5 cm. Após a semeadura, as bandejas foram submetidas a irrigação diária, com o objetivo de assegurar condições ótimas de germinação e desenvolvimento inicial das plântulas.

O sistema hidroponico foi montado utilizando bandejas plásticas (14 cm × 37 cm 60 cm), com capacidade para 20 L. As bandejas foram dispostas sobre uma bancada de madeira com 0,5 m de altura, utilizando o espaçamento de 0,10 m entre bandejas. O substrato utilizado foi preparado pela mistura de fibra de coco e areia fina lavada na proporção 2:1 (v/v).

Cada bandeja continha um sistema de drenagem composto por um ralo de pia em PVC, camada de brita (2,0 cm) de espessura e manta têxtil. As bandejas, responsáveis por conter a solução nutritiva, foram interligadas por um conjunto de tubos e conexões de PVC (40 mm), permitindo a coleta e recirculação da solução drenada, que foi direcionada de volta para o reservatório. Cada solução nutritiva contou com um sistema de bombeamento individual, no qual uma eletrobomba transportou a solução de um

reservatório inferior (100 L) até as bandejas, distribuindo-a por meio de microtubos tipo espaguete de 5 cm de comprimento.

A água utilizada para preparo das soluções foi proveniente do setor de abastecimento da UFERSA, cujas características químicas são: pH= 7,57; CE= 0,50 dS m⁻¹; (Ca²⁺= 0,83; Mg²⁺= 1,20; K⁺= 0,31; Na⁺= 3,79; Cl⁻= 2,40; HCO₃⁻= 3,20 e CO₃²⁻= 0,60; RAS = 4,90 mmol_c L⁻¹).

O controle das irrigações ocorreu por meio de um temporizador digital, programado para realizar cinco irrigações diárias (às 06:00 h, 09:00 h, 12:00 h, 15:00 h e 18:00h), cada ciclo teve duração de 1 min, tempo considerado suficiente para manter a umidade adequada do substrato e assegurar a drenagem eficiente do excedente.

Todas as soluções nutritivas foram preparadas com base na recomendação de Furlani et al. (1998), para o cultivo hidropônico de hortaliças folhosas, apresentando as seguintes concentrações de fertilizantes, em mg L⁻¹, 750 de nitrato de cálcio; 500 de nitrato de potássio; 150 de fosfato monoamônio (MAP); 400 de sulfato de magnésio; 0,15 de sulfato de cobre; 0,50 de sulfato de zinco; 1,50 de sulfato de manganês; 1,50 de ácido bórico; 0,15 de molibdato de sódio e 60 de FeEDDHA-6%.

As diferentes salinidades das águas utilizadas no preparo da solução nutritiva (0,5; 2,5 e 5,0 dS m⁻¹) foram obtidas pela dissolução de cloreto de sódio (NaCl) em água coletada no sistema de abastecimento do campus da UFERSA (CE = 0,5). Após o preparo da solução nutritiva ser feito o ajuste dos valores de pH (faixa de 5,5 a 6,5) adicionando NaOH (1M) ou HCl (1M), para corrigir a acidez ou a alcalinidade. 2,2; 4,0 e 6,0 dS m⁻¹, sendo classificada como baixa, média e alta salinidade.

Aos 20º dias após a semeadura, iniciou-se a aplicação do Stimulate® sobre as folhas utilizando um pulverizador manual.

As plantas foram colhidas aos 40 dias após a semeadura e avaliadas com base nas seguintes variáveis:

Altura da planta (ALT), medida com uma régua graduada em centímetros, considerando apenas a parte aérea das plantas, medida do nível do substrato até o ponto mais alto da estrutura vegetativa.

Número de folhas (NF), obtido pela contagem das folhas que apresentaram comprimento do limbo foliar maior que 3,0 cm, sendo utilizada uma amostra de 10 plantas.

Área foliar (AF): Determinada pela metodologia dos discos foliares, utilizando 10 discos de cada amostra, equação 1.

$$AF = \frac{(MSF \times AD)}{MSD} \quad (1)$$

Em que:

AF – área foliar, cm²;

MSF – massa seca de folhas, g;

AD – área do disco, cm²;

MSD – massa seca dos discos, g.

Massa fresca (MF): determinada logo após a coleta das plantas, considerando a média obtida em 10 plantas, utilizando uma balança analítica (0,01 g);

Produção de folhas (PF); obtida pela pesagem de todas as plantas da parcela, e em seguida convertendo o valor pra m², expressa em g m²;

Massa seca (MS): As amostras de plantas foram acondicionadas em sacos de papel identificados e postos para secar em estufa de circulação forçada com temperatura regulada para 65 °C (± 1 °C) até atingirem massa constante, sendo em seguida pesadas em balança com precisão de 0,01 g.

Suculência foliar (SF): Determinada a partir da razão entre o teor de água na folha e área foliar, utilizando-se a seguinte equação 2.

$$SUF = \frac{(MFF - MSF)}{AF} \quad (2)$$

Em que:

SF – suculência foliar, g H₂O cm²;

MF – massa fresca de folhas, g;

MS – massa seca de folhas, g;

AF – área foliar, cm² planta⁻¹.

A área foliar específica (AFE): determinada pela razão entre a área foliar e a massa seca de folhas, equação 3.

$$AFE = \frac{AF}{MSF} \quad (3)$$

Em que:

AFE – área foliar específica, $\text{cm}^2 \text{ g}^{-1}$;

AF – área foliar, cm^2 ;

MS – massa seca de folhas, g.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) pelo teste F ($p \leq 0,05$), com desdobramento dos fatores sempre que se observou efeito significativo na interação entre eles. As variáveis relacionadas às condutividades elétricas, bem como as formas de aplicação do Stimulate[®] foram analisadas por meio do teste de comparação de médias (Tukey, $p \leq 0,05$). As análises estatísticas foram conduzidas utilizando o software SISVAR versão 5.6 (Ferreira, 2019).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

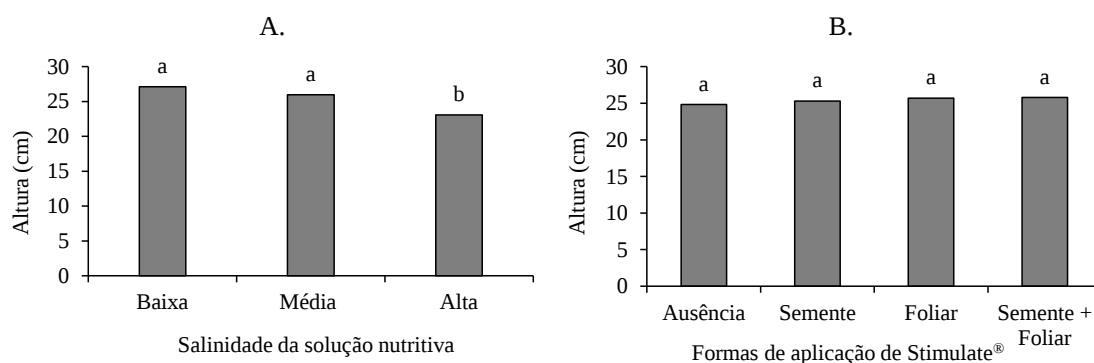
De acordo com os resultados da análise de variância, foi possível observar que houve efeito significativo da interação entre os fatores de salinidade e forma de aplicação do estimulante para as variáveis produção de folhas (PROD) e massa fresca (MF) ao nível de 1% de probabilidade, bem como para a área foliar (AF) ao nível de 5% de probabilidade. A salinidade afetou de forma isolada as variáveis altura (ALT), número de folhas (NF), massa seca (MS) e área foliar específica ($p \leq 0,01$). O fator formas de aplicação afetou de forma isolada as variáveis suculência foliar (SF) e área foliar específica (AFE) ao nível de 1% de probabilidade (Tabela 1).

Tabela 1. Resumo da análise da variância, pelos valores do quadrado médio, para as variáveis altura de plantas (ALT), produção de folhas (PROD), número de folhas (NF), massa fresca média de plantas (MFM), massa seca (MS), área foliar (AF) suculência foliar (SF) e área foliar específica (AFE) da rúcula submetida ao estresse salino (SAL) e forma de aplicação de bioestimulante (AP) em cultivo hidropônico

FV	GL	Quadrados médios							
		ALT	PROD	NF	MF	MST	AF	SUF	AFE
SAL	2	52,25**	21450,94**	3,08**	4665,12**	64,09**	6519026,47**	92,85 ^{ns}	4195,01*
AP	3	1,74 ^{ns}	1199,10*	0,33 ^{ns}	64,22 ^{ns}	0,66 ^{ns}	661598,82*	455,29**	5657,11**
SAL × AP	6	2,07 ^{ns}	2663,26**	0,81 ^{ns}	1695,14**	5,41 ^{ns}	577671,51*	109,34 ^{ns}	993,49 ^{ns}
RESÍDUO	24	7,27	295,85	0,39	190,13	2,37	170097,50	66,74	1071,59
CV		10,62	10,71	9,99	13,81	12,06	14,01	16,04	14,24

FV – fonte de variação; GL – graus de liberdade; ns – não significativo; * e ** - significativos a 5% e 1%, respectivamente.

A salinidade da solução nutritiva afetou a altura das plantas de rúcula, sendo observada uma diminuição da altura de plantas conforme a concentração da salinidade aumentava, apesar de só ocorrer redução significativa na salinidade alta, na qual ocorreu redução de 41,1%, em comparação as plantas submetidas a baixa salinidade (Figura 1A). Além disso, verificou-se que não houve efeito das formas de aplicação do bioestimulante sobre a altura das plantas, obtendo-se a altura média de 25,93 cm (Figura 1B).

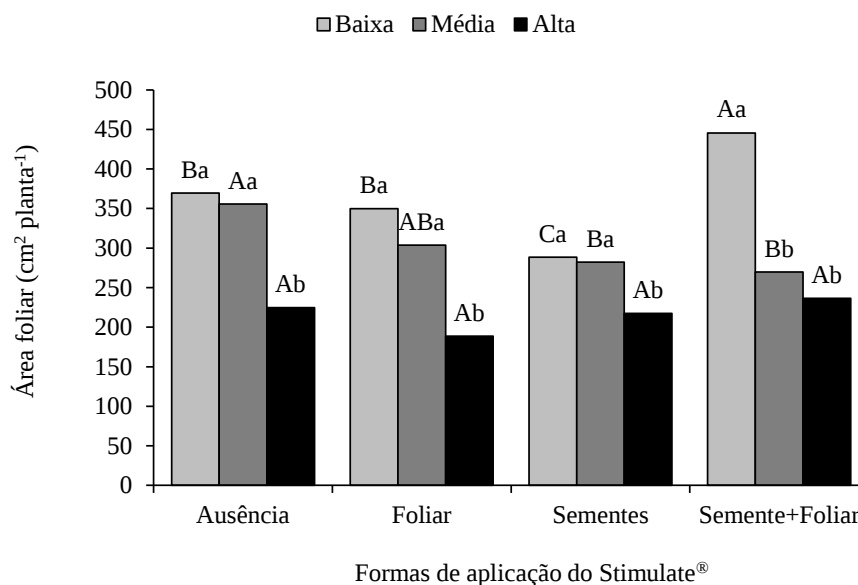


Colunas com a mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$)

Figura 1. Altura de plantas de rúcula em função da salinidade da solução nutritiva (A) e de formas de aplicação de Stimulate® (B) em cultivo hidropônico com substrato

Resultados semelhantes foram relatados outros autores, que analisaram o desenvolvimento da rúcula sob diferentes substratos e níveis de condutividade elétrica da água de irrigação ou em hidroponia (Dias *et al.*, 2019; Yang *et al.*, 2021; Costa *et al.*, 2025). A redução da altura das plantas está relacionada ao excesso de NaCl acumulado no substrato que aumenta o potencial osmótico da solução e, reduz a capacidade das raízes de extrair água e consequentemente nutrientes, além de causar alterações nas atividades metabólicas das células no processo de alongamento celular, inibindo a atividade meristemática e, consequentemente, no crescimento das plantas (Santos *et al.*, 2022). Não foi observado efeito da salinidade nem da aplicação de bioestimulante sobre o número de folhas, obtendo-se em média 6,3 folhas por planta (Figura 1B).

A área foliar foi afetada pela salinidade da solução nutritiva de forma diferenciada em função da aplicação de bioestimulante (Figura 2). Realizando-se o desdobramento entre os fatores, verifica-se que, independentemente da aplicação de biofertilizante, os maiores valores de AF ocorreram em condição de baixa salinidade, sendo 39,44; 349,81; 288,57 e 445,59 cm² planta⁻¹, para ausência, aplicação foliar, aplicação via sementes e sementes+foliar, respectivamente. que nas condições ausência de bioestimulante e aplicação via foliar ou sementes, houve efeito do estresse salino apenas na maior salinidade, ocorrendo reduções de 35,47; 32,86 e 22,44%, respectivamente. Na aplicação de bioestimulante via semente+foliar o estresse salino afetou a AF a partir da salinidade média, ocorrendo perdas de 39,49 e 236,32%, para salinidades média e alta, respectivamente (Figura 2).



Colunas com a mesmas letras, maiúsculas referentes as formas de aplicação de Stimulate®, e minúsculas referentes as salinidades da solução nutritiva, não diferem entre si pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$)

Figura 2. Área foliar de rúcula em função da salinidade da solução nutritiva e formas de aplicação de Stimulate® em cultivo hidropônico com substrato

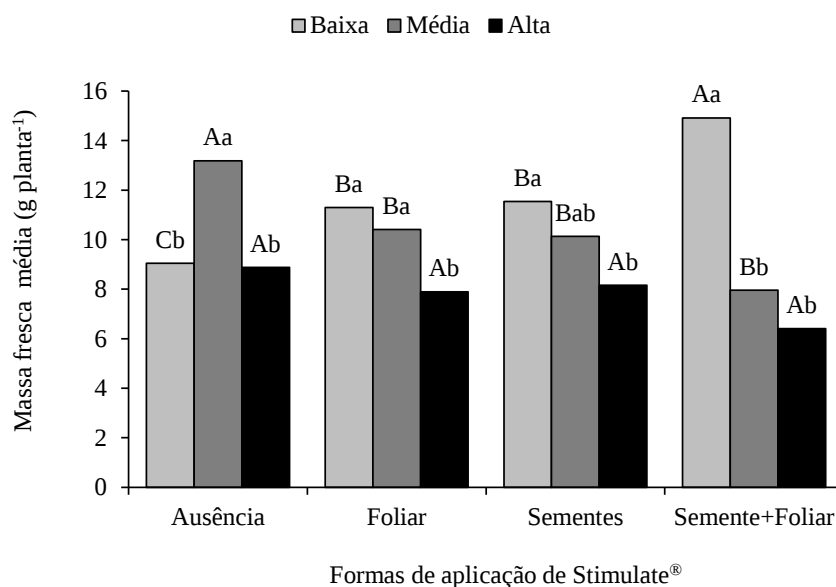
Analisando o efeito da forma de aplicação de Stimulate® para cada salinidade sobre a AF, verificou-se que ocorreu efeito benéfico da aplicação de bioestimulante apenas na menor salinidade, na qual a maior AF ocorreu na combinação de tratamento de semente+foliar. Na salinidade média, os maiores valores ocorreram na ausência e com aplicação via foliar. No entanto, a aplicação de Stimulate® via sementes e via sementes+foliar provocaram redução na AF, enquanto na maior salinidade não foi observada resposta significativa ao bioestimulante (Figura 2).

Vários autores têm observado redução na área foliar da rúcula sob condições de estresse salino (Torres *et al.*, 2024; Costa *et al.*, 2025). A redução da área foliar é um importante mecanismo adaptativo de plantas cultivadas sob estresse hídrico e salino excessivo, pois, nessas condições, é importante reduzir a transpiração como mecanismo aclimatativa, diminuindo consequentemente o transporte de íons Na^+ e Cl^- no xilema e, concomitantemente, conservando água nos tecidos vegetais (Santos *et al.*, 2022). De acordo com Pereira Filho *et al.* (2019), o acúmulo de sais provoca redução no potencial osmótico, resultando em diferencial de pressão, e assim, as raízes não conseguem absorver água e consequentemente o processo de transpiração é afetado, pois para não perder água, as plantas mantêm seus estômatos parcialmente fechados.

O aumento da área foliar em resposta à aplicação de Stimulate® na ausência de estresse salino ocorreu devido às funções da concentração e proporção das substâncias que compõem os bioestimulantes, estes podem aumentar a divisão celular auxiliando o crescimento e desenvolvimento vegetativo, atuando também no alongamento das células, aumentando a absorção e a utilização de água e nutrientes pelas plantas (STOLLER DO BRASIL, 1998).

No entanto, verifica-se que a aplicação de Stimulate®, independentemente da forma de aplicação, não foi eficiente para reduzir o efeito da salinidade sobre as plantas. Tal comportamento também foi observado por Oliveira et al. (2015) trabalhando com estresse salino e bioestimulante em mudas de pinhão manso, os quais também não observaram resposta ao bioestimulante em plantas submetidas ao estresse salino. Fato este também observado por Oliveira et al. (2017) trabalhando com feijão-caupi.

A massa fresca média de plantas foi afetada pela salinidade de formas diferentes de acordo com a salinidade considerada (Figura 3). Realizando-se o desdobramento entre os fatores, verifica-se que na ausência de bioestimulante o uso de solução nutritiva com média salinidade proporcionou maior MF ($13,15 \text{ g planta}^{-1}$), correspondendo ao incremento de 45,66%, em comparação com os valores obtidos na menor salinidade (Figura 3).



Colunas com a mesmas letras, maiúsculas referentes as formas de aplicação de Stimulate®, e minúsculas referentes as salinidades da solução nutritiva, não diferem entre si pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$)

Figura 3. Massa fresca de rúcula em função da salinidade da solução nutritiva de forma de aplicação de Stimulate® em cultivo hidropônico com substrato

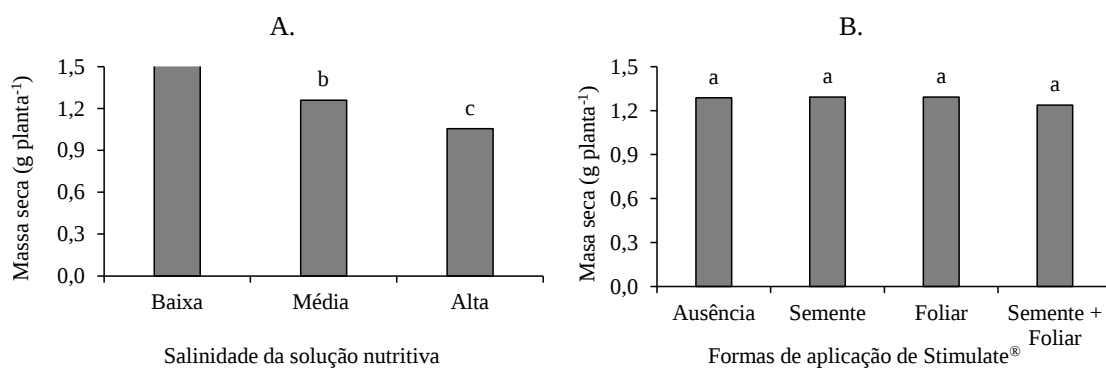
Para as plantas que receberam aplicação de Stimulate® via foliar, via tratamento de sementes ou as duas formas associadas, verifica-se que os maiores valores de MFM ocorreram na menor salinidade, com valores de 11,30; 11,54 e 14,91 g planta⁻¹, respectivamente, correspondendo a incrementos de 24,88; 27,51 e 64,78%, em comparação com os valores obtidos na ausência de Stimulate® (9,05 g planta⁻¹).

Nas condições de ausência e tratamento de sementes, só ocorreu efeito do estresse salino em salinidade alta, quando ocorreram reduções de 30,12 e 29,26%, respectivamente, em comparação com os valores obtidos na salinidade baixa. Para a aplicação combinada de Stimulate® via foliar+tratamento de sementes, já foi observada redução na MFM a partir da média salinidade. Neste caso, ocorreram reduções de 46,64 e 57,06, para as salinidades média e alta, respectivamente (Figura 3).

Analisado o efeito das formas de aplicação de Stimulate® em cada salinidade, verifica-se que sob baixa salinidade os maiores valores ocorreram quando o bioestimulante foi aplicado via sementes+foliar. No entanto, nas demais salinidades, a aplicação de bioestimulante provocou redução na MF (Figura 3).

Esses resultados são consistentes com os relatados por outros autores, que também encontraram redução na massa fresca da rúcula quando submetida ao estresse salino, seja em cultivo sem solo utilizando substrato como meio de crescimento (Cordeiro *et al.*, 2019; Costa *et al.*, 2015).

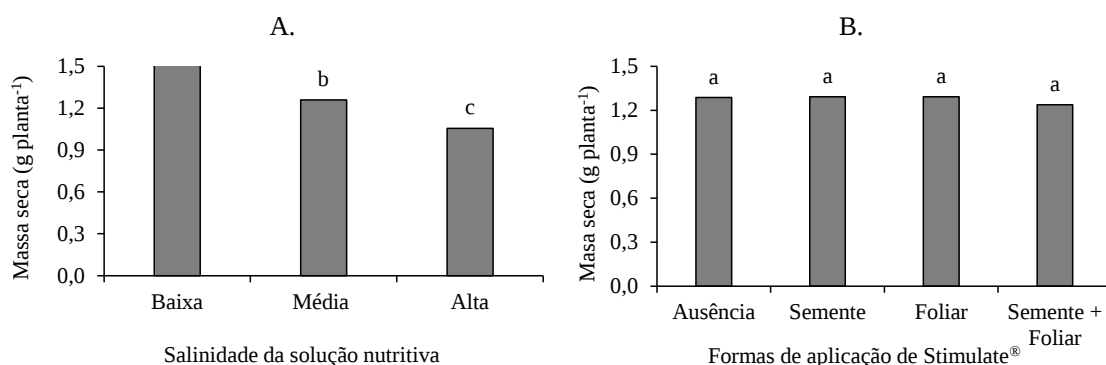
Para a massa seca, foi observado que o maior valor foi obtido em condição de baixa salinidade (1,52 g planta⁻¹). A salinidade provocou uma redução na massa seca já a partir da salinidade média, ocorrendo reduções de 17,0 e 30,4%, para as salinidades média e alta, respectivamente, em comparação com a massa seca obtida na menor salinidade (Figura 4A). Não houve efeito do bioestimulante sobre a massa seca, apresentando uma média de 1,27 g planta⁻¹ (Figura 4B).



Colunas com a mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$)

Figura 4. Massa seca de rúcula em função da salinidade da solução nutritiva (A) e de forma de aplicação de Stimulate® (B) em cultivo hidropônico com substrato

Não houve efeito da salinidade sobre a suculência foliar, obtendo-se valor médio de 50,95 g H₂O cm² de AF (Figura 5A). Por outro lado, a SF foi afetada pelas formas de aplicação de Stimulate®, ocorrendo aumento (apesar de não significativo) nas aplicações via tratamento de semente e foliar. No entanto, a combinação de tratamento de sementes + foliar reduziu a SF, provocando perda de 20,02%, em comparação com a ausência de Stimulate® (Figura 5B).



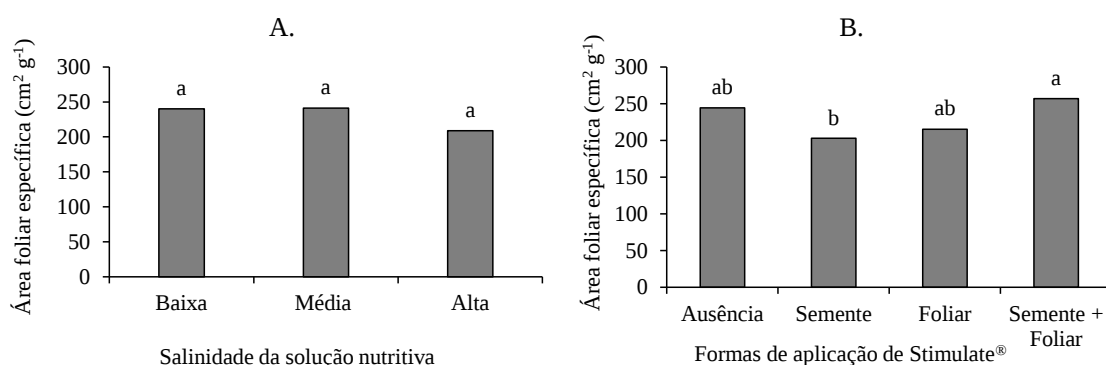
Colunas com a mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$)

Figura 5. Suculência foliar de rúcula em função da salinidade da solução nutritiva (A) e de forma de aplicação de Stimulante® (B) em cultivo hidropônico com substrato

Esses resultados divergem, em parte, dos apresentados por Costa *et al.* (2025) trabalhando com soluções nutritivas salinizadas em duas cultivares de rúcula (Donatella e Folha Larga), os quais observaram redução do SF em resposta ao estresse salino. A divergência dos resultados apresentados por esses autores e do presente estudo, pode ser atribuída a fatores genótipos.

De acordo com Liu et al. (2024), a suculência permite a regulação da concentração de sal nos tecidos foliares, permitindo a hidratação das folhas em condições de baixa disponibilidade hídrica, e depende diretamente da absorção, transporte e acúmulo de íons nos tecidos foliares, o que pode contribuir para a redução do efeito do estresse salino.

Não houve efeito da salinidade sobre a área foliar específica, obtendo valor médio de $230,04 \text{ cm g}^{-1}$ (Figura 6A). Resultados semelhantes foram apresentados por Costa *et al.* (2025), os quais também não observaram efeito da salinidade sobre essa variável rúcula. Esses resultados mostram que o efeito da salinidade foi de forma proporcional sobre a área foliar e a massa seca de folhas. A AFE, é um indicador de espessura foliar e desempenha um papel fundamental na representação das compensações entre o acúmulo de recursos e as restrições impostas pela estrutura foliar (Nandy *et al.*, 2007).



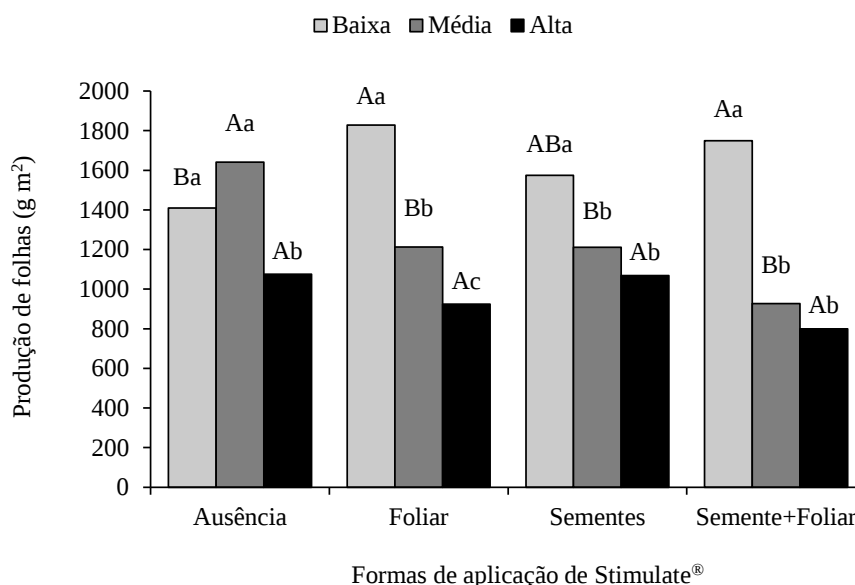
Colunas com a mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$)

Figura 6. Área foliar específica de rúcula em função da salinidade da solução nutritiva (A) e de forma de aplicação de Stimulate® (B) em cultivo hidropônico com substrato

Quanto ao efeito das formas de aplicação de Stimulate®, verificou-se que os maiores valores ocorreram na aplicação via semente+foliar ($256,93 \text{ cm}^2 \text{g}^{-1}$), seguida pela ausência ($244,38 \text{ cm}^2 \text{g}^{-1}$) e aplicação foliar ($215,32 \text{ cm}^2 \text{g}^{-1}$) (Figura 6B).

Ao analisar a produção de folhas, verifica que os maiores valores foram obtidos em condições de baixa salinidade para as formas de aplicação foliar, semente e sementes+foliar, sendo $1828,24$; $1574,24$ e $1749,04 \text{ g m}^2$, respectivamente. Esses valores representam incrementos de 29,75% (foliar), 11,72% (sementes) e 24,13% (semente+foliar), em comparação com a produção obtida na ausência de Stimulate® ($1409,04 \text{ g m}^2$). Nestas formas de aplicação de Stimulate®, ocorreram reduções significativas nas salinidades média e alta. Na aplicação foliar ocorreram perdas de 33,71 e 49,43%, nas salinidades média e alta, respectivamente. Para a aplicação via sementes, as reduções foram de 23,11% na salinidade média, e 32,18% na salinidade alta. Já na

aplicação combinada semente+foliar, as perdas foram de 47,01 e 54,32%, para as condições de média e alta salinidade, respectivamente. Por outro lado, na ausência de bioestimulante, a maior produção ocorreu na condição de média salinidade (820,68 g m²), e as plantas submetidas à alta salinidade apresentaram redução de 23,64% (Figura 7).



Colunas com a mesmas letras, maiúsculas referentes as formas de aplicação de Stimulate®, e minúsculas referentes as salinidades da solução nutritiva, não diferem entre si pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$)

Figura 7. Produção de folhas de rúcula em função da salinidade da solução nutritiva e de forma de aplicação de Stimulate® em cultivo hidropônico com substrato

Quanto ao efeito da forma de aplicação de Stimulate®, verifica-se que o efeito variou de acordo com a salinidade considerada. Na condição de baixa salinidade, os maiores valores ocorreram quando o Stimulate® foi aplicado via foliar, ou em conjunto com tratamentos de sementes (sementes+foliar), enquanto o menor valor ocorreu na ausência de bioestimulante. Considerando apenas a aplicação via foliar, verificou-se aumento de 29,72%, em comparação com a ausência do Stimulate®. Na salinidade média, apenas a condição de ausência de Stimulate® diferiu das demais formas, e apresentou maior produção de folhas. Por outro lado, não houve efeito das formas de aplicação de Stimulate® na maior salinidade (Figura 7).

Conforme apresentado anteriormente, o efeito da salinidade sobre as variáveis analisadas refletiu diretamente sobre a produção de folhas, conforme já observado por outros autores (Cordeiro *et al.*, 2018; Torres *et al.*, 2024; Costa *et al.*, 2025). Como o principal produto comercial da rúcula são as folhas, o efeito do estresse salino sobre o

desenvolvimento foliar está ligado diretamente com a produção da cultura. Este resultado está diretamente ligado à redução da área foliar, causada pelo estresse osmótico sofrido pela planta, limitando assim a transpiração. Em condições salinas com elevadas concentrações de sais solúveis, principalmente íons de Na^+ e Cl^- , que resultam em um potencial osmótico significativamente reduzido (Sahin *et al.*, 2018) Nestas condições, ocorre diferencial de pressão, e as raízes não conseguem absorver água e consequentemente o processo de transpiração é afetado, pois para não perder água, as plantas mantêm seus estômatos parcialmente fechados (Pereira Filho *et al.*, 2019).

De acordo com Menezes *et al.* (2017), essa redução na produção de biomassa em plantas irrigadas com água salobra está relacionada ao desvio de energia devido ao aumento dos níveis de salinidade, portanto, essa redução pode ser consequência do custo metabólico de energia.

Conforme destacado anteriormente, a aplicação de Stimulate® mostrou-se uma tecnologia promissora para aumentar o crescimento e rendimento da cultura da rúcula em condições de baixa salinidade da solução nutritiva. No entanto, a aplicação desse insumo só é viável quando as plantas são cultivadas na ausência de estresse salino, conforme resultados apresentados por outros autores (Oliveira *et al.*, 2015; 2017).

4. CONCLUSÕES

A rúcula cultivada em substrato pode ser fertirrigada com solução nutritiva salinizada com $4,0 \text{ dS m}^{-1}$ (média salinidade) sem que ocorra perdas significativa no rendimento

A aplicação de biostimulante Stimulate[®] em combinações semente+foliar é uma estratégia promissora para aumentar a produção da rúcula em condição de baixa salinidade da solução nutritiva.

O Stimulate[®] não mitigou o efeito do estresse salino para condições de média e alta salinidade da solução nutritiva.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AZEVEDO, P. R. L. et al. Efeito dos sais e da qualidade da água no solo e na planta. **Revista de Agroecologia no Semiárido**, v. 1, n. 1, p. 1-12, 2018.

BRYLA, D. R. et al. Ion-specific limitations of sodium chloride and calcium chloride on growth, nutrient uptake, and mycorrhizal colonization in northern and southern highbush blueberry. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 146, n. 6, p. 399-410, 2021.

CASTRO, P. R. C.; VIEIRA, E. L. **Aplicações de reguladores vegetais na agricultura tropical**. Guaíba: Livraria e Editora Agropecuária, 2001. 132p.

CAVALCANTE, W. S. S. et al. Eficiência dos bioestimulantes no manejo do déficit hídrico na cultura da soja. **Irriga**, v. 25, n. 4, p. 754-763, 2020.

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: 8 jan. 2025.

CORDEIRO, C. J. X. et al. . Cultivo de rúcula em fibra de coco utilizando solução nutritiva salinizada enriquecida com nitrato de potássio. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.13, n. 1, p.3212-3225, 2019.

COSTA, L. P.; MEDONÇA, V.; OLIVEIRA, F. A.; PINTO, F. F. B.; CARLOS, K. G. S.; OLIVEIRA, M. K. T.; MEDEIROS, J. F.; DIAS, V. L. Salt stress and calcium nitrate in arugula in soilless cultivation using substrate. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 29, n. 2, e285670, 2025.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Agropecuária**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/rucula/br>>. Acesso em: 1 jan. 2025.

DIAS, M. Crescimento de plantas de rúcula em substratos e níveis de salinidade da água de irrigação. **Colóquio Agrariae**, v. 15, n. 4, p. 22-30 de 2019.

HOSSAIN, M. S. Present scenario of global salt affected soils, its management and importance of salinity research. **International Research Journal of Biological Sciences**, v. 1, n. 1, p. 1-3, 2019.

JAAFAR, N. S.; JAAFAR, I. S. *Eruca sativa* Linn.: Pharmacognostical and pharmacological properties and pharmaceutical preparations. **Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research**, v. 12, n. 3, p. 39-45, 2019.

LANA, M. M. **Rúcula: sabor picante**. Embrapa. Disponível em: <https://www.embrapa.br/hortalica-nao-e-so-salada/rucula>. Acesso em: 2 jan. 2025.

LIU, R.; WANG, T.; LI, Q.; SONG, J. The role of tissue succulence in plant salt tolerance: an overview. **Journal Plant Growth Regulation**, v. 102, p. 1-10, 2024.

MACHADO, R. M. A.; SERRALHEIRO, R. P. Soil salinity in agriculture: mitigation and adaptation strategies using plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR). In: **Sustainable Agriculture Reviews**, v. 39, p. 1-28, 2020.

MENEZES JUNIOR, F. G.; CAMPAGNONI, M. A. **Morango semi-hidropônico: como funciona o cultivo suspenso**. Notícias Agrícolas, 2020. Disponível em: <https://www.noticiasagricolas.com.br/noticias/hortifruti/270734-morango-semi-hidroponicocomo-funciona-o-cultivo-suspenso.html>. Acesso em: 5 Jan. 2025.

MENEZES, R. V. et al. Crescimento e teores de solutos orgânicos e inorgânicos em amaranço sob estresse salino. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 47, n. 1, p. 22-30, 2017.

MUTHULAKSHMI, Y. R. Geo-spatial analysis of irrigation water quality of Pudukkottai district. **Applied Water Science**, v. 10, n. 82, 2020.

NANDY, P.; DAS, S.; GHOSE, M.; SPOONER-HART, R. Effects of salinity on photosynthesis, leaf anatomy, ion accumulation and photosynthetic nitrogen use efficiency in five Indian mangroves. **Wetlands Ecology and Management**, v. 15, n. 4, p. 347-357, 2007

OLIVEIRA, F. A.; GUEDES, R. A. A.; GOMES, L. P.; BEZERRA, F. M. S.; LIMA, L. A.; OLIVEIRA, M. K. T. Interação entre salinidade e bioestimulante no crescimento inicial de pinhão-mansão. **Revista Brasileira de Engenharia Ambiental e Agrícola**, v. 19, n. 3, p. 204-210, 2015.

OLIVEIRA, F. A.; OLIVEIRA, M. A. T.; LIMA, L. A.; ALVES, R. C.; RÉGIS, L. R. L.; SANTOS, S. T. Estresse salino e biorregulador vegetal em feijão caupi. **Irriga**, v. 22, n. 2, p. 314-329, 2017.

PEREIRA FILHO, J. V. et al. Physiological responses of lima bean subjected to salt and water stresses. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 23, n. 12, p. 959-965, 2019.

PINHEIRO, W. D. et al. Rúcula hidropônica sob diferentes densidades e concentrações de solução no período de outono e inverno. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 3, p. 23206-23220, 2021.

REIS, M. M. et al. Nutrition of *Tithonia diversifolia* and attributes of the soil fertilized with biofertilizer in irrigated system. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, n. 11, p. 1008-1013, 2016.

SAHIN, U. et al. Effects of individual and combined effects of salinity and drought on physiological, nutritional and biochemical properties of cabbage (*Brassica oleracea* var. capitata). **Scientia Horticulturae**, 240: 196-204, 2018.

SANTOS, T. B.; RIBAS, A. F.; SOUZA, S. G. H.; BUDZINSKI, I. G. F.; DOMINGUES, D. S. Physiological responses to drought, salinity, and heat stress in plants: A Review. **Stresses**, v.2, p.113-132, 2022.

SENA, J.O.A.; CASTRO, P.R.C.; KLUGE, R.A. (Org.). **Introdução à Fisiologia do Desenvolvimento Vegetal**. 2 a ed. Maringá: EDUEM, 2019. 396p.

STOLLER DO BRASIL. **Stimulate Mo em hortaliças: informativo técnico**. Cosmópolis: Stoller do Brasil, Divisão Arbore, 1998. v. 1, p. 1

YANG, T. et al. Photosynthesis, biomass production, nutritional quality, and flavor-related phytochemical properties of hydroponic-grown arugula (*Eruca sativa* Mill.) ‘Standard’ under different electrical conductivities of nutrient solution. **Agronomy**, v. 11, n. 7, p. 1340, 2021.

ZAFAR-PASHANEZHAD, M.; SHAHBAZI, E.; GOLKAR, P.; SHIRAN, B. Genetic variation of *Eruca sativa* L. genotypes revealed by agro-morphological traits and ISSR molecular markers. **Industrial Crops and Products**, v.145, e111992, 2020.

ZHAO, Z. et al. Genome-wide expression analysis of salt-stressed diploid and autotetraploid *Paulownia tomentosa*. **PLoS ONE**, v. 12, n. 10, p. 1-23, 2017.