



UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CAMPUS II - LAGOA SECA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E AMBIENTAL
CURSO DE BACHARELADO EM AGRONOMIA

MARÍLIA HORTÊNCIA BATISTA SILVA RODRIGUES

**EFICIÊNCIA FOTOQUÍMICA DE MORINGA IRRIGADA COM ÁGUAS
SALINAS E APLICAÇÃO DE BIOESTIMULANTE VIA FOLIAR**

LAGOA SECA-PB

2024

MARÍLIA HORTÊNCIA BATISTA SILVA RODRIGUES

**EFICIÊNCIA FOTOQUÍMICA DE MORINGA IRRIGADA COM ÁGUAS SALINAS E
APLICAÇÃO DE BIOESTIMULANTE VIA FOLIAR**

Trabalho de Conclusão de Curso (Artigo) apresentado ao Curso de Bacharelado em Agronomia do Centro de Ciências Agrárias e Ambiental da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Semirames do Nascimento Silva

LAGOA SECA-PB

2024

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a

R696e Rodrigues, Marília Hortência Batista Silva.

Eficiência fotoquímica de moringa irrigada com água salina e aplicação de bioestimulante via foliar. [manuscrito] /

Marília Hortência Batista Silva Rodrigues. - 2024.

24 p.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências Agrárias e Ambientais, 2024.

"Orientação : Profa. Dra. Semirames do Nascimento Silva , Departamento de Ciências Agrárias e Ambientais - CCAA. "

1. *Ascophyllum nodosum*. 2. *Moringa oleífera*. 3. Fotossíntese. 4. Estresse salino. I. Título

21. ed. CDD 628.162

MARÍLIA HORTÊNCIA BATISTA SILVA RODRIGUES

**EFICIÊNCIA FOTOQUÍMICA DE MORINGA IRRIGADA COM ÁGUAS SALINAS E
APLICAÇÃO DE BIOESTIMULANTE VIA FOLIAR**

Trabalho de Conclusão de Curso (Artigo) apresentado ao Curso de Bacharelado em Agronomia do Centro de Ciências Agrárias e Ambiental da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Área de concentração: Agronomia.

Aprovada em: 17/06/2024

BANCA EXAMINADORA

Semirames do Nascimento Silva

Prof^a. Dr^a. Semirames do Nascimento Silva (Orientadora)

Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

Reynaldo Teodoro de Fátima

Dr. Reynaldo Teodoro de Fátima

Universidade Federal de Campina Grande (UFCG)

Lígia Pereira dos Santos

Prof^a. Dr^a. Lígia Pereira dos Santos

Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

DEDICATÓRIA

Às mulheres que enfrentam o desafio de equilibrar a maternidade com a exigente rotina da pesquisa: embora não seja uma jornada fácil, cada sorriso e abraço de nossos filhos nos dão força e mostram nossa capacidade e resiliência, DEDICO.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1 – Clorofila a de moringa em função da irrigação com água salina (a) e 15 bioestimulante (b) aos 60 DAE. UEPB, 2024. 15
- Figura 2 – Clorofila b (A), total (B), relação clorofila a/b (C), fluorescência inicial (D), 16 máxima (E), variável (F) e relação Fv/Fm (G) de moringa em função da irrigação de água salina e aplicação de bioestimulante aos 60 DAE. UEPB, 2024
- Figura 3 – Taxa de crescimento relativo da altura de plantas (A) e diâmetro do caule 19 (B) de moringa em função da irrigação de água salina e aplicação de bioestimulante no período de 10 a 60 DAE. UEPB, 2024.

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 – Esquema representativo das combinações e os fatores (CEai - 12 condutividade elétrica da água de irrigação; bio – concentrações de bioestimulante) utilizados no experimento. UEPB, 2024.
- Tabela 2 – Composição física e química dos componentes do substrato usado no 13 experimento. UEPB, 2024.
- Tabela 3 - Resumo da análise de variância para as variáveis de clorofila a (Chl. a), b (Chl. b), total (Chl. To), relação clorofila a / b (Chl. a/ b), fluorescência 26 inicial (Fo), máxima (Fm), variável (Fv), relação Fv/Fm aos 60 DAE, e taxas de crescimento relativo da altura de plantas (TCRap) e diâmetro do caule (TCRdc) de moringa irrigada com água salina (CEai) e sob aplicação de bioestimulante (Bio) no período de 10 a 60DAE, UFPB, 2024.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	METODOLOGIA	12
2.1	Localização do experimento	12
2.2.	<i>Delineamento experimental e tratamentos</i>	12
2.3	Condução do experimento	12
2.4	<i>Variáveis analisadas</i>	13
2.5	Análise estatística	14
43	RESULTADOS E DISCUSSÕES	14
4	CONCLUSÕES	20
5	REFERÊNCIAS	20

EFICIÊNCIA FOTOQUÍMICA DE MORINGA IRRIGADA COM ÁGUAS SALINAS E APLICAÇÃO DE BIOESTIMULANTE VIA FOLIAR

PHOTOCHEMICAL EFFICIENCY OF MORINGA IRRIGATED WITH SALINE WATER AND APPLICATION OF BIOSTIMULANT VIA FOLIAR

Marília Rodrigues**
Semirames Silva

RESUMO

A salinidade afeta a capacidade fotossintética das plantas, reduzindo sua eficiência e produtividade, o que torna necessário buscar alternativas para mitigar esses efeitos negativos, como a aplicação do bioestimulante à base de *Ascophyllum nodosum*, que pode ajudar a restaurar a função fotossintética. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos da aplicação foliar do bioestimulante na mitigação do estresse salino sobre a eficiência fotoquímica da *Moringa oleífera*. O experimento foi realizado no Centro de Ciências Agrárias, da Universidade Federal da Paraíba, Areia, Paraíba, Brasil. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, com quatro repetições e duas plantas por parcela, obtidos através da matriz Composto Central de Box, com cinco condutividade elétrica da água de irrigação (0,5; 1,88; 5,25; 8,62; 10,00 dS m⁻¹) e cinco concentrações de bioestimulante via foliar (0,0; 1,45; 5,00; 8,55; 10,00 ml L⁻¹). Aos 60 dias após a emergência avaliou-se o teor de *cl. a*, *b*, total e a relação *a/b*, fluorescência inicial, máxima, variável e relação Fv/Fm, taxa de crescimento relativo da altura e do diâmetro do caule. A salinidade da água provoca perdas na eficiência fotoquímica e diâmetro do caule de mudas de moringa, com danos expressivos a partir da CEa de 5,25 dS m⁻¹. A aplicação de bioestimulante a partir da concentração de 5 mL L⁻¹ melhora a atividade fotoquímica e crescimento das mudas de moringa sob estresse salino de até 10,0 dS m⁻¹ aos 60 dias após o semeio.

Palavras-chaves: *Ascophyllum nodosum*; *Moringa oleífera*; fotossíntese; estresse salino.

** Tecnóloga em Agroecologia (IFPB), Mestre em Horticultura Tropical (UFCG), Doutora em Agronomia (UFPB).

ABSTRACT

Salinity affects the photosynthetic capacity of plants, reducing their efficiency and productivity, which makes it necessary to look for alternatives to mitigate these negative effects, such as the application of a biostimulant based on *Ascophyllum nodosum*, which can help restore photosynthetic function. Thus, the objective of this work was to evaluate the effects of foliar application of the biostimulant in mitigating saline stress on the photochemical efficiency of *Moringa oleifera*. The experiment was carried out at the Center for Agricultural Sciences, Federal University of Paraíba, Areia, Paraíba, Brazil. The experimental design was randomized blocks, with four replications and two plants per plot, obtained through the Central Composite Box matrix, with five electrical conductivity of the supervision water (0.5; 1.88; 5.25; 8.62; 10.00 dS m⁻¹) and five concentrations of biostimulant via foliar (0.0; 1.45; 5.00; 8.55; 10.00 ml L⁻¹). At 60 days after emergence, the chl content was evaluated. a, b, total and a/b ratio, initial, maximum, variable fluorescence and Fv/Fm ratio, relative growth rate of stem height and diameter. The salinity of the water causes losses in the photochemical and ceramic efficiency of the stem of moringa seedlings, with significant damage starting at an ECa of 5.25 dS m⁻¹. The application of biostimulant at a concentration of 5 mL L⁻¹ improved the photochemical activity and growth of moringa seedlings under saline stress of up to 10.0 dS m⁻¹ at 60 days after the semester.

Keywords: *Ascophyllum nodosum*; *Moringa oleifera*; photosynthesis; salt stress.

1 INTRODUÇÃO

A salinidade do solo é um dos principais desafios para a agricultura mundial, sobretudo em regiões de clima semiárido, o que inclui o Nordeste brasileiro, onde a irregular disponibilidade hídrica frequentemente tem levado ao aumento na utilização de água de qualidade inferior para agricultura (Castro; Santos, 2020; Pessoa et al., 2022; Ahmed; Tóth; Decsi, 2024).

A utilização de águas com elevadas concentrações de sais tem ocasionado impactos negativos significativos as plantas, comprometendo sua eficiência fotossintética e levando à superprodução de espécies reativas de oxigênio (EROs), as quais impactam a atividade fotossintética, metabólica e, porventura, o crescimento das plantas (Hasanuzzaman et al., 2021a). Contudo, a aclimação a condição de salinidade resulta na produção de metabolitos secundários, que se associa a mecanismos de defesa antioxidante e osmólitos, melhorando o combate as EROs e a redução dos efeitos provenientes do acúmulo de íons tóxicos a planta (Seleiman et al., 2020; Taha et al., 2021).

Nesse contexto, a *Moringa oleifera*, pertencente à família Moringaceae, emerge como uma cultura promissora para áreas afetadas pela salinidade devido à sua tolerância relativa a condições adversas (Mahaveerchand; Abdul, 2024). Além disso, a moringa é uma fonte alimentar altamente nutritiva, em que as folhas oferecem quantidades significativas de betacaroteno, vitamina C, cálcio, proteína, potássio e ferro, superando os níveis encontrados na cenoura, laranja, leite, ervilha, banana e espinafre (Alam et al., 2020). A espécie contém ainda fitoquímicos benéficos, como antioxidantes, agentes anti-inflamatórios, ácidos graxos ômega-3 e ômega-6, carotenoides, compostos fenólicos e flavonoides, que promovem a saúde (Alam et al., 2020).

Além disso, a crescente demanda por soluções que minimizem os efeitos prejudiciais do estresse salino tem direcionado a atenção para os bioestimulantes (Hasanuzzaman et al., 2021b; Zuzunaga-Rosas et al., 2023; Abdelkhalik et al., 2024). Estes compostos contêm substâncias bioativas, como fitohormônios, aminoácidos, extratos de algas, ácidos húmicos, quitosana, microrganismos benéficos, vitaminas e antioxidantes, que têm demonstrado a capacidade de modular o metabolismo das plantas e fortalecer sua resistência ao estresse salino (Sanchez et al., 2019; Malik et al., 2021). Eles são importantes para sinalizar genes associados à defesa e ao equilíbrio hormonal (Hadia et al., 2020).

Um exemplo notável de bioestimulante é a alga *Ascophyllum nodosum*, rica em carboidratos e nutrientes essenciais, que estimula a síntese de fitohormônios como auxinas e giberelinas, desencadeando respostas genéticas de defesa e regulação hormonal. Isso aumenta a capacidade das plantas de tolerar a salinidade (Silva et al., 2016; Hadia et al., 2020). Seu efeito como mitigador dos danos causados pelo excesso de sais, promovendo maiores taxas fotossintéticas e consequentemente, maior crescimento das plantas, já foi comprovado em culturas como tomate (Dell'aversana et al., 2021), arroz (Shahzad et al., 2023), soja (Silva et al., 2024) e feijão-bravo (Sales et al., 2024). Contudo, seu efeito associado à moringa ainda é desconhecido.

Levando em consideração o potencial da *M. oleifera* na recuperação de áreas degradadas e a grande relevância do uso de bioestimulantes na maximização da produção vegetal, este estudo teve como objetivo avaliar os efeitos da aplicação foliar de bioestimulantes na mitigação do estresse salino

sobre a eficiência fotoquímica da *M. oleífera*, visando contribuir para a recuperação de áreas agrícolas afetadas pela salinidade.

2. METODOLOGIA

2.1 Localização do experimento

O experimento foi realizado no período de maio a agosto de 2019 em ambiente protegido, no Centro de Ciências Agrárias, da Universidade Federal da Paraíba, Areia, Paraíba, Brasil. O município está situado nas coordenadas geográficas 6° 58' 00" S e 35° 41' 00" W com altitude de 575 m. O clima da região, conforme a classificação de Köppen é do tipo As', que significa verão seco e quente e chuvas no inverno (ALVARES et al., 2013). A temperatura média observada durante a condução do experimento foi de 27,5 °C, com variações para a máxima e mínima temperatura se situando entre 36,2 e 18,8°C, respectivamente.

2.2 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, com quatro repetições e duas plantas por parcela, obtidos através da matriz Composto Central de Box (MATEUS et al., 2001) com cinco condutividade elétrica da água de irrigação - CEai e cinco concentrações de bioestimulante via foliar – bio (Tabela 1).

Tabela 1. Esquema representativo das combinações e os fatores (CEai - condutividade elétrica da água de irrigação; bio – concentrações de bioestimulante) utilizados no experimento. UEPB, 2024.

Tratamentos	Níveis		Doses	
	CEai	D _N	CEai (dS m ⁻¹)	bio (mL L ⁻¹)
1	-1	-1	1.88	1.45
2	-1	1	1.88	8.55
3	1	-1	8.62	1.45
4	1	1	8.62	8.55
5	-1,41(α)	0	0.50	5.00
6	1,41(α)	0	10.00	5.00
7	0	-1,41(α)	5.25	10.00
8	0	1,41(α)	5.25	0.00
9	0	0	8.25	5.00

2.3 Condução do experimento

As mudas foram produzidas a partir de sementes obtidas de plantas matrizes sadias e livres do ataque de pragas, localizadas no município de Areia-PB. As sementes foram semeadas em sacos de poliestileno de cor preta com capacidade de 1,2 dm⁻³, preenchidas com substrato formado por 85% de solo do tipo Latossolo, 10% de areia fina lavada e 5% de esterco bovino em base de volume. O substrato foi analisado quanto às características físicas e químicas pela fertilidade e salinidade, seguindo as metodologias proposta por Embrapa (2017) e Richards (1954) como indicado na Tabela 2.

Tabela 2. Composição física e química dos componentes do substrato usado no experimento. UEPB, 2024.

Física	Valor	Fertilidade	Valor	Salinidade	Valor
Areia (g kg ⁻¹)	639	pH em água (1: 2,5)	7,00	pH	7,30
Silte (g kg ⁻¹)	227	P (mg dm ⁻³)	146,32	CEes (dS m ⁻¹)	2,73
Argila (g kg ⁻¹)	134	K ⁺ (mg dm ⁻³)	633,29	SO ₄ ⁻² (mmol _c L ⁻¹)	1,02
Classe textural	Franco	Na ⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,27	Ca ⁺² (mmol _c L ⁻¹)	16,00
		Al ⁺³ (cmol _c dm ⁻³)	0,00	Mg ⁺² (mmol _c L ⁻¹)	16,75
	Arenoso	H ⁺ +Al ⁺³ (cmol _c dm ⁻³)	2,84	K ⁺ (mmol _c L ⁻¹)	6,90
		Ca ⁺² (cmol _c dm ⁻³)	5,53	CO ₃ ⁻² (mmol _c L ⁻¹)	0,00
		Mg ⁺² (cmol _c dm ⁻³)	1,70	HCO ₃ ⁻² (mmol _c L ⁻¹)	40,00
		SB (cmol _c dm ⁻³)	9,12	Cl ⁻ (mmol _c L ⁻¹)	30,00
		CTC (cmol _c dm ⁻³)	11,96	Na ⁺ (mmol _c L ⁻¹)	0,89
		MO (cmol _c dm ⁻³)	26,69	RAS (mmol _c L ⁻¹)	0,94
				PST (%)	2,25
				Classificação Não - salino	

Nota: MO = Matéria orgânica; SB = Soma de bases (Na⁺ + K⁺ + Ca²⁺ + Mg²⁺); CTC = Capacidade de troca catiônica = SB + (H⁺ + Al³⁺); CEes = Condutividade elétrica do extrato de saturação; RAS = Relação de adsorção de sódio = Na⁺ × [(Ca²⁺ + Mg²⁺)/2]^{-1/2}; PST = Percentagem de sódio trocável (100 × Na⁺/ CTC).

A condutividade elétrica de cada água de irrigação (CEai) acima de 0,5 dS m⁻¹ foi obtida através da diluição de cloreto de sódio (NaCl) com a água do sistema de abastecimento (0,5 dS m⁻¹), até o valor previamente estabelecido, usando condutímetro portátil modelo microprocessado Instrutherm® (modelo CD-860). Os valores da condutividade elétrica da água de irrigação foram selecionados com base em Tavares Filho et al. (2020), que registraram efeitos inibidores da salinidade em mudas de moringa irrigadas com águas de CEai de 0.24 a 10 dS m⁻¹.

A irrigação foi realizada diariamente com o início da aplicação das águas salinas aos 10 dias após a emergência (DAE), sendo o volume aplicado estabelecido pelo método de lisimetria de drenagem, a partir da diferença entre a quantidade aplicada e drenada, de modo a manter a umidade do substrato ao nível da capacidade de campo.

As doses do bioestimulante foram aplicadas a partir dos 10 DAE, sendo utilizado o extrato de algas marinhas da espécie *A. nodosum* (Acadian® [Agritech – Canadá]) composto por: N - 8,12; P - 6,82; K - 12,00; Ca - 1,60; Mg - 2,03; S - 8,16 g kg⁻¹; B - 5,74; Cu - 13,60; Fe - 11,5; Mn - 0,04; Zn - 24,40 e Na - 20000 mg kg⁻¹; hidróxido de potássio, com 61,48 g L⁻¹ de K₂O solúvel em água; 69,60 g L⁻¹ de carbono orgânico total; e uma densidade de 1,16 g dm⁻³ (SILVA et al., 2016). As adubações foram divididas em seis aplicações foliar, realizadas semanalmente ao final da tarde por meio de pulverizadores, aplicando aproximadamente 100 ml de calda das respectivas doses por planta.

2.4 Variáveis analisadas

Aos 60 DAE, foram realizadas as avaliações de pigmentos fotossintéticos, pela determinação dos índices de clorofila *a*, *b*, total e relação clorofila *a/b*, obtidos pelo método não destrutivo, utilizando clorofilômetro portátil (ClorofiLOG®, modelo CFL 1030, Porto Alegre, RS), com os valores expressos em índice de clorofila Falker (ICF). Além da determinação da fluorescência da clorofila, com fluorômetro modulado (Sciences Inc.- Model OS-30p, Hudson,

USA). Para tanto, foram colocadas pinças nas folhas durante 30 min antes das leituras para adaptação das folhas ao escuro e medidas a fluorescência inicial (F_0), fluorescência máxima (F_m), fluorescência variável ($F_v = F_m - F_0$), a razão F_v/F_0 e o rendimento quântico do fotossistema II (F_v/F_m).

As taxas de crescimento relativo de altura de plantas (TCRap) e diâmetro do caule (TCRdc) foram obtidas no intervalo de 10 a 60 DAE, através da metodologia proposta por Benincasa (2003), apresentada na equação 2:

$$TCR = \frac{\ln A_2 - \ln A_1}{t_2 - t_1}$$

em que: TCR = taxa de crescimento relativo, A_2 = crescimento da planta aos 60 DAE; A_1 = crescimento da planta no tempo 10 DAE; $t_2 - t_1$ = diferença de tempo entre as avaliações e $\ln$ = logaritmo natural.

2.5 Análise estatística

Os dados foram submetidos a análise de variância e de regressão, utilizando-se o programa estatístico R (R CORE TEAM, 2017).

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Pela análise variância observa-se que houve interação significativa entre os fatores condutividade elétrica da água de irrigação (CEa) e bioestimulante (Bio) para Cl. b, Cl. To, Cl. a/b, F_0 , F_m , F_v e F_v/F_m , TCRap e TCRdc de moringa irrigada no período de 10 a 60DAE (Anexo I). Efeito isolado dos fatores foi estabelecido nos teores de Cl. a aos 60 DAE.

A cl. a das plantas de moringa também aumentou em função do aumento da CEa, com comportamento quadrático, atingindo o máximo estimado de 34.87, quando irrigado com 7.89 dS m^{-1} , com posterior redução (Figura 1a). Esse aumento inicial de Cl. a ocorre devido a ativação de mecanismos de defesa que favorecem a aclimação da planta a condição de estresse, como a síntese de osmólitos e a regulação hormonal, que podem estimular a produção de clorofila a para maximizar a eficiência fotossintética, porém em níveis mais altos de CEa, o estresse salino se torna excessivo, causando danos aos cloroplastos, desregulação metabólica e aumento da produção de EROs, que degradam a clorofila (Ameen et al., 2024).

O bioestimulante proporcionou aumento na concentração de clorofila a (Cl. a), com ganho de 6,49% (Figura 1b) ao utilizar a concentração de 10 mL L^{-1} , devido sua capacidade de proteger os cloroplastos via citocininas (Wally et al., 2013; Kałużewicz, et al., 2017). O bioestimulante a base de *A. nodosum*, tem contribuído para a síntese de clorofilas e redução da atividade de EROs, através do fornecimento de nutrientes e precursores necessários para a biossíntese de clorofila (Saeger et al., 2020, ALI et al., 2022).

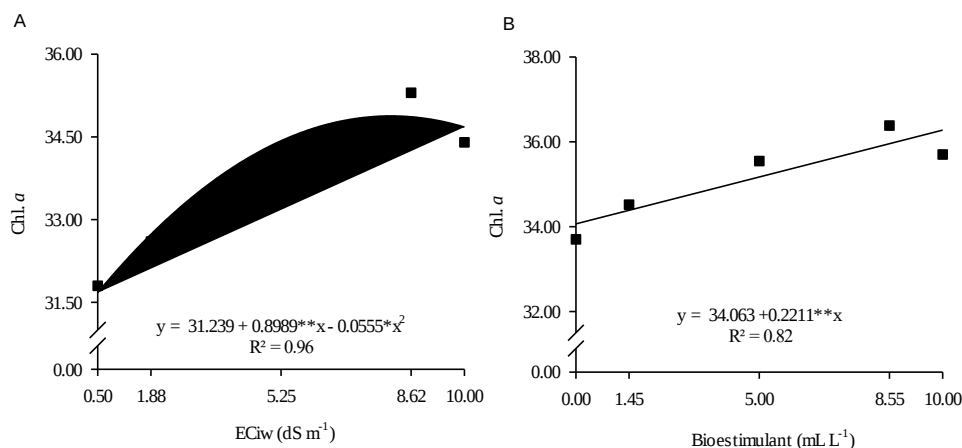


Figura 1. Clorofila a de moringa em função da irrigação com água salina (a) e bioestimulante (b) aos 60 DAE. UEPB, 2024.

Para a concentração de *Cl b*, observou-se um aumento em resposta à CEa até atingir 3,0 dS m⁻¹, alcançando o valor máximo de 8,91. Esse ponto representou o máximo ganho, enquanto o ponto de mínimo ganho foi observado com o aumento da CEa para 10 dS m⁻¹, resultando em um valor de 7,3, com redução de 18% no teor de *Cl b*. No entanto, o uso do bioestimulante mostrou respostas positivas em relação ao aumento da CEa de irrigação, destacando-se o maior acréscimo na CEa de 10 dS m⁻¹ sob aplicação da concentração de 10 ml L⁻¹ (8,6), a qual proporcionou aumento de 17,81% em comparação com as plantas sem a aplicação do bioestimulante na mesma salinidade (Figura 2a).

Na *Cl. Total*, observou-se uma redução de 16,9% à medida que a CEa aumentava, passando de 42,14 para 35,02 entre as CEa de 0,5 e 10 dS m⁻¹. No entanto, com a aplicação do bioestimulante foram observados aumento no teor de *Cl Total*, sendo o maior valor, de 44,41, obtido nas plantas irrigadas com água de 0,5 dS m⁻¹ e sob aplicação da concentração de 5,96 ml L⁻¹ de bioestimulante. Já na maior salinidade observou-se que a medida que se aumentava a concentração do bioestimulante maior foi a síntese de clorofilas, com aumento de 16,56%, se comparado as plantas sem a aplicação do bioestimulante (Figura 2b).

Os pigmentos fotossintéticos, especialmente as clorofilas, são indicadores importantes das mudanças no processo fotossintético das plantas sob estresse (Ramírez-Olvera et al., 2021). A síntese de clorofilas, promovida pelo bioestimulante à base de *A. nodosum*, está associada à manutenção de nutrientes e à presença de aminoácidos, ácidos húmicos, fúlvicos e reguladores vegetais, pois esses componentes estimulam a atividade da enzima clorofila sintetase e reduzem a degradação da clorofila, melhorando a eficiência fotossintética (Lanfer-Márquez, 2003; Saeger et al., 2020; Smiderle et al., 2022).

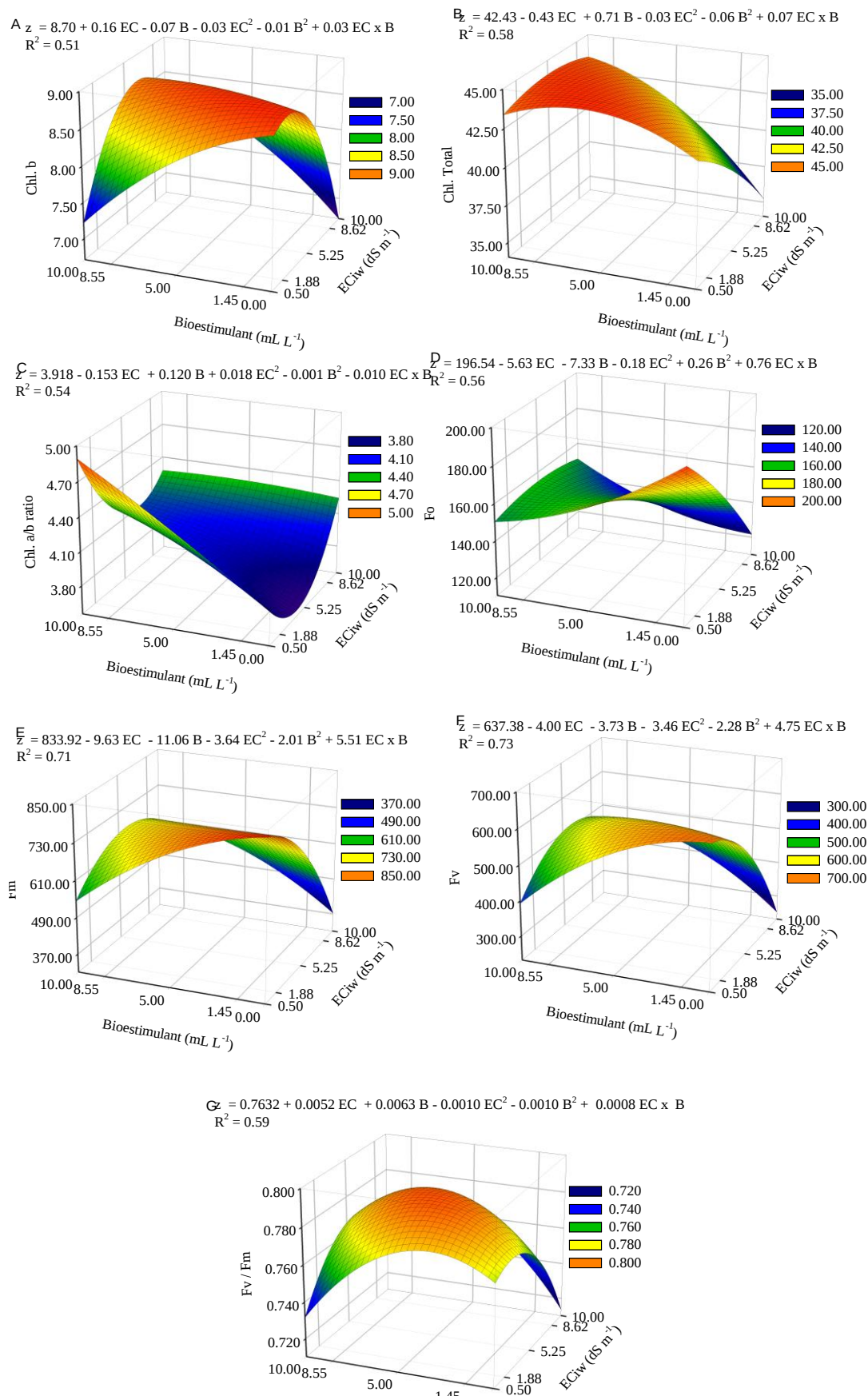


Figura 2. Clorofila b (A), total (B), relação clorofila a/b (C), fluorescência inicial (D), máxima (E), variável (F) e relação Fv/Fm (G) de moringa em função da irrigação de água salina e aplicação de bioestimulante aos 60 DAE. UEPB, 2024.

A relação $Cl\ a/b$ das plantas de moringa diminuiu em função do aumento da CEa, alcançando valores de 3,59 quando irrigado com 4,4 dS m^{-1} , representando uma redução de 6,26% e posteriormente, essa relação aumentou até a CEa de 10 dS m^{-1} , atingindo 4,20. Comportamento similar ao estabelecido nas plantas sob aplicação de bioestimulante, sobretudo pela concentração de 10 mL L^{-1} no nível salino da água de 0,5 dS m^{-1} (4,89), que resultou em aumento de 21,26% na relação $Cl\ a/b$ em relação as plantas sem aplicação do bioestimulante (Figura 2c). Desta forma o aumento na relação clorofila a/b está relacionado ao aumento na produção de $Cl\ a$ em relação a $Cl\ b$, fato que pode estar relacionado a clorofila a ser o principal centro de reação do fotossistema, enquanto a clorofila b se relaciona a aumentar o comprimento de onda de absorção de fótons (Huihui et al., 2020). Comportamento que tem sido constatado em pesquisas com salinidade em moringa (Farooq et al., 2022; Azeem et al., 2023). Bem como, nos trabalhos com a utilização de bioestimulante a base de *A. nodosum* (Raja; Vidya et al., 2023; Melo et al., 2024).

O aumento das doses do biestimulante também reduziu a F_o em 22.37% entre a dose de 0 e 10 mL L^{-1} , na CEa de 0.5 dS m^{-1} (Figura 2d). A redução da F_o ocorre em função de um ajuste do aparato fotossintético, o qual envolve o aumento da eficiência do fotossistema II (PSII), refletindo uma resposta protetora ou danos aos cloroplastos sob altos níveis de salinidade (Gulzar et al., 2020). No entanto, sob a aplicação do bioestimulante houve uma manutenção no aproveitamento de energia para a ativação dos centros de reação do fotossistema, indicando que o bioestimulante está promovendo uma maior eficiência no uso da luz e na proteção do PSII (Santaniello et al., 2017).

Em relação a F_m das plantas de moringa (Figura 2E), observou-se que conforme a CEa aumentava, ocorria uma maior redução da F_m , diminuindo de 828,27 na CEa de 0,5 dS m^{-1} para 334,57 na CEa de 10 dS m^{-1} , representando uma decréscimo de 59,6%. Comportamento similar foi observado pela aplicação do bioestimulante na CEa de 0,5 dS m^{-1} , que apresentou redução de 23,75% ao aplicar a concentração de 10 mL L^{-1} (631,52) em comparação as plantas sem aplicação de bioestimulante na mesma salinidade (828,27). Contudo, na salinidade de 10 dS m^{-1} , a aplicação de bioestimulante na concentração de 10 mL L^{-1} (643,02) proporcionou aumento de 37,2% em relação as plantas que não receberam aplicação do composto.

Desta forma, a diminuição na fluorescência máxima pelo estresse salino é atribuída à redução na captação de energia nos centros de reação, sendo ocasionado por distúrbios na atividade metabólica da planta, resultando na geração de espécies reativas de oxigênio, a qual limita a atividade energética dos pigmentos fotossintéticos (Zhang et al. 2010; Saddiq et al., 2021), logo durante o estresse salino, as plantas necessitam de ajustes metabólico para proteger-se dos danos oxidativos, e os hormônios vegetais desempenham um papel importante na sinalização de defesa, regulando espécies reativas de oxigênio (EROs) e neste aspecto, estudos como o de Omidbakhshfard et al., (2020) revelaram que compostos bioativos do bioestimulante de *A. nodosum* ativam vias de biossíntese hormonal, como auxina e giberelina, reduzindo o estresse oxidativo e protegendo as plantas.

A F_v também sofreu com os efeitos da CEa (Figura 2f), havendo uma redução de 634.51 para 213.91 entre a menor e a maior CEa, representando uma redução de 66.28%. Enquanto que ao comparar as plantas sem aplicação

do bioestimulante e as plantas que receberam a concentração de 10 mL L⁻¹, nota-se que o composto proporcionou redução de 29,49% na Fm das plantas na CEa de 0,5 dS m⁻¹. Comportamento distinto a obtido nas plantas sob maior salinidade (10 dS m⁻¹), na qual o bioestimulante proporcionou aumento de 45,48% na concentração de 10 mL L⁻¹ quando comparada as plantas sem aplicação do bioestimulante. Tendo em vista que a Fv corresponde à energia potencial ativa no fotossistema, perdas no seu valor indica uma limitação na ativação da cadeia transportadora de elétrons, responsável pela produção de ATP e NADPH no ciclo de Calvin e, porventura, a perdas de eficiência no fotossistema (Silva et al., 2019; Lotfi et al., 2020). Comportamento esse comum em plantas sob estresse salino (Bashir et al., 2021).

O bioestimulante proporcionou aumento na Fm quando as plantas apresentaram a condição de estresse salino, provavelmente por nessa condição os hidrolisados de proteínas, ácido húmico presentes no extratos de algas marrons (*A. nodosum*) promover uma maior atividade antioxidante em enzimas essenciais (Colla; Rouphael, 2015), como a catalase e a superóxido dismutase, ao mesmo tempo em que reduziram a acumulação de H₂O₂ nos tecidos foliares, comportamento esse que foi observado por Amor et al. (2005) em *Crithmum maritimum*.

O aumento da salinidade da água de irrigação, nas plantas sem aplicação do bioestimulante, manteve a eficiência quântica do fotossistema até a CEa de 4,43 dS m⁻¹, passando do 0,765 na CEa de 0,5 dS m⁻¹ para 0,766, com posterior redução de 7,57% até a CEa de 10,00 dS m⁻¹ (Figura 2g). Porém, a aplicação do bioestimulante proporcionou melhorias na Fv/Fm, fato que contribuiu para a obtenção do ponto de máximo ganho da variável (0,791) na associação de CEa de 4,43 dS m⁻¹ e a concentração de 4,5 mL L⁻¹, sendo que na CEa de 10 dS m⁻¹ a Concentração de 6,6 mL L⁻¹ contribuiu para elevar em 7,11% a Fv/Fm, se aproximando ao valor de 0,766 obtido nas plantas sob menor nível salino. .

A exposição das plantas ao estresse salino causa à diminuição do rendimento quântico máximo do Fotossistema II (Fv/Fm), devido à toxicidade iônica, sugerindo que os centros de reação do PSII podem sofrer danos parciais ou até mesmo inativação como resultado do estresse (Shi-chu et al., 2019; Shahzad et al., 2021). Por outro lado, a aplicação do bioestimulante tem mostrado capacidade de aumentar os valores de Fv/Fm mesmo durante períodos de estresse salino, o que provavelmente reduz os danos causados pela fotoinibição, preservando assim a capacidade fotossintética das plantas (Akhter et al., 2021).

A taxa de crescimento relativo da altura das plantas (TCRap) das plantas de moringa apresentaram uma baixa influenciada irrigação com água salina (Figura 3A), apresentando uma redução de 3,1% ao passar da irrigação com água de 0,5 dS m⁻¹ (0,02199 cm cm⁻¹ dia⁻¹) para 10 dS m⁻¹ (0,02129 cm cm⁻¹ dia⁻¹). No entanto, a aplicação de bioestimulante apresentou efeitos benéficos para a TCRap, sendo a maior contribuição observada nas plantas sob irrigação com água de abastecimento, apresentando o ponto de máximo ganho de 0,0284 cm cm⁻¹ dia⁻¹ ao aplicar a concentração de 9,17 mL L⁻¹, superior em 22,57% ao obtido nas plantas sem aplicação do bioestimulante na CEa de 0,5 dS m⁻¹.

A manutenção na altura de plantas em condição de estresse salino pode estar relacionado ao processo de sinalização, que detectam altos níveis de Na⁺ e hiperosmolaridade, alterando a composição dos fosfolipídios, o que leva a processos adaptativos para aliviar o estresse, como a manutenção do equilíbrio

iônico e osmótico, a indução de fitohormônios, e a regulação da dinâmica do citoesqueleto e da estrutura da parede celular (Zhao et al., 2021). Esses processos retardam os efeitos sob crescimento das plantas como constatado por Azeem et al. (2023) e Farooq et al. (2022) em *M. oleífera*.

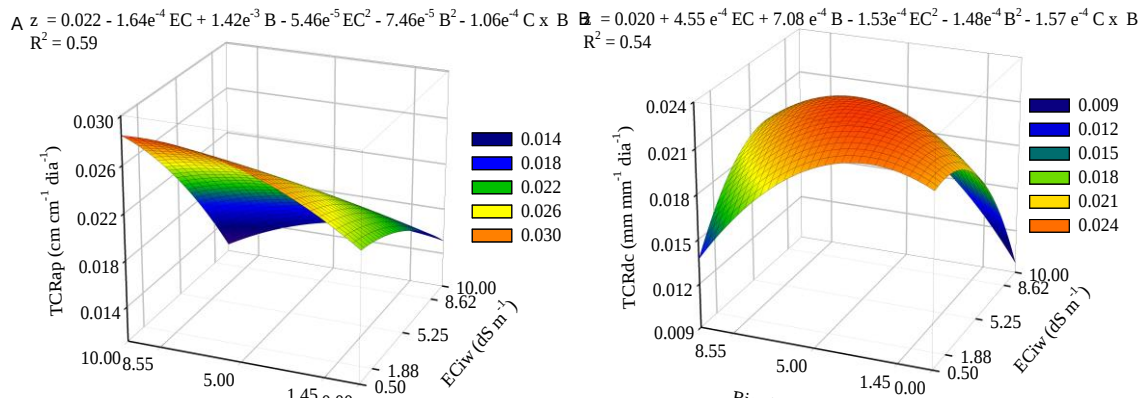


Figura 3. Taxa de crescimento relativo da altura de plantas (A) e diâmetro do caule (B) de moringa em função da irrigação de água salina e aplicação de bioestimulante no período de 10 a 60 DAE. UEPB, 2024.

O aumento do nível salino proporcionou efeitos mais severos na taxa de crescimento relativo do diâmetro do caule (Figura 3B), ocasionando perda de 5,46% até o nível salino de 10,0 dS m⁻¹. O que pode estar relacionado a turgescência celular, que é afetada pela restrição na absorção de água pelo efeito osmótico dos sais no solo, levando a uma menor expansão celular (Lu; Fricke, 2023) e, por ventura, no diâmetro caulinar.

Enquanto que a aplicação do bioestimulante teve um impacto positivo na TCRdc, com a maior contribuição sendo observada na CEa de 3,73 dS m⁻¹, com a aplicação de 4,36 ml L⁻¹ apresentando o ponto de ganho máximo na TCRdc, de 0,02286 mm mm⁻¹ dia⁻¹, superior em 12,69% ao obtido nas plantas sem aplicação do bioestimulante e sob mesmo nível de irrigação (Figura 3B). Esse resultado pode ser explicado pelo fato de que a aplicação do bioestimulante *A. nodosum* contribui para a manutenção do potencial hídrico das plantas, o que indica uma estimulação do acúmulo de solutos como estratégia osmoprotetora da célula contra a perda de água causada pelo déficit hídrico (Martynenko et al., 2016), demonstrando a capacidade do bioestimulante de manter o turgor celular em condições de déficit hídrico (Elansary et al., 2019), garantindo o equilíbrio hídrico e a homeostase celular (Melo et al., 2024).

Assim, a aplicação de bioestimulantes, especialmente derivados de algas como *A. nodosum*, revelou-se uma estratégia eficaz para mitigar os efeitos do estresse salino nas plantas de moringa (*M. oleífera*). A interação entre a CEa e o bioestimulante demonstrou impactos positivos nas variáveis relacionadas ao crescimento e desenvolvimento vegetal, incluindo aumento das concentrações de clorofilas, melhoria na fluorescência máxima, e incremento na taxa de crescimento relativo. Esses resultados ressaltam o potencial dos bioestimulantes na promoção da tolerância das plantas ao estresse salino e na otimização da produtividade agrícola.

4 CONCLUSÕES

A salinidade da água provoca perdas na eficiência fotoquímica e diâmetro do caule de mudas de moringa, com danos expressivos a partir da CEa de 5,25 dS m⁻¹.

A aplicação de bioestimulante a partir da concentração de 5 mL L⁻¹ melhora a atividade fotoquímica e crescimento das mudas de moringa sob estresse salino de até 10.0 dS m⁻¹ aos 60 dias após o semeio.

REFERÊNCIAS

- ABDELKHALIK, A.; ABDOL, N. M.; GYUSHI, M. A.; SHAABAN, A.; ABD EL-MAGEED, S. A.; HEMIDA, K. A.; ABD EL-MAGEED, T. A. Enhancing sweet potato (*Ipomoea batatas*) resilience grown in cadmium-contaminated saline soil: a synergistic approach using Moringa leaf extract and effective microorganisms application. **Environmental Science and Pollution Research**, v.31, n.22, p.1-16, 2024. <https://doi.org/10.1007/s11356-024-33295-w>
- AHMED, M.; TÓTH, Z.; DECSI, K. The Impact of Salinity on Crop Yields and the Confrontational Behavior of Transcriptional Regulators, Nanoparticles, and Antioxidant Defensive Mechanisms under Stressful Conditions: A Review. **International Journal of Molecular Sciences**, v.25, n.5, p.2654, 2024. <https://doi.org/10.3390/ijms25052654>
- ALAM, P.; ALAM, P.; SHARAF-ELDIN, M. A.; ALQARNI, M. H.. Simultaneous identification of rutin, chlorogenic acid and gallic acid in *Moringa oleifera* by densitometric high-performance thin-layer chromatography method. **JPC-J Planar Chromat**, v. 33, p. 27–32, 2020. <https://doi.org/10.1007/s00764-019-00002-2>
- ALI, J.; JAN, I.; ULLAH, H.; AHMED, N.; ALAM, M.; ULLAH, R.; EL-SHARNOUBY, M.; KESBA, H.; SHURKRY, M.; SAYED, S.; NAWAZ, T. Influence of *Ascophyllum nodosum* extract foliar spray on the physiological and biochemical attributes of okra under drought stress. **Plants**, v.11, n.6, p.790, 2022. <http://dx.doi.org/10.3390/plants11060790>
- AMEEN, M.; MAHMOOD, A.; SAHKOOR, A.; ZIA, M. A.; ULLAH, M. S. The Role of Endophytes to Combat Abiotic Stress in Plants. **Plant Stress**, v.12, n.1, p.100435, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.stress.2024.100435>
- AMOR, N. B.; HAMED, K. B.; GRIGNON, A. D.; ABDELLY, C. Physiological and antioxidant responses of the perennial halophyte *Crithmum maritimum* to salinity. **Plant Science**, v. 168, n. 4, p. 889-899, 2005. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2004.11.002>
- ASADI, M.; RASOULI, F.; AMINI, T.; HASSANPOURAGHDAM, M. B.; SOURI, S.; SKROVANKOVA S.; MLCEK J.; ERCISLI S. Improvement of photosynthetic pigment characteristics, mineral content, and antioxidante activity of lettuce (*Lactuca sativa* L.) by arbuscular mycorrhizal fungus and seaweed extract foliar application. **Agronomy**, v. 12, n. 8, p. 1943, 2022. <http://dx.doi.org/10.3390/agronomy12081943>

AZEEM, M.; PIRJAN, K.; QASIM, M.; MAHMOOD, A.; JAVED, T., MUHAMMAD, H.; RAHIMI, M. Salinity stress improves antioxidant potential by modulating physio-biochemical responses in *Moringa oleifera* Lam. **Scientific Reports**, v.13, n.1, p. e-2895, 2023. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-29954-6>

BASHIR, S.; AMIR, M.; BASHIR, F.; JAVED, M.; HUSSAIN, A.; FATIMA, S.; PARVEEN, R.; SHAHZADI, A. K.; AFZAL, S.; RAZA, S.; HORAIN, T.; IQBAL, A.; PERVAIZ, A.; REHMAN, A.; AYYAZ, A.; ZAFAR, Z. U.; ATHAR, H. U. R. Structural and functional stability of photosystem-II in 'Moringa oleifera' under salt stress. **Australian Journal of Crop Science**, v.15, n.5, p.676-682, 2021. <https://doi.org/10.21475/ajcs.21.15.05.p2996>

CASTRO, F. C.; SANTOS, A. M. D. Salinity of the soil and the risk of desertification in the semiarid region. **Mercator**, v.19, n.1, p. e19002, 2020. <https://doi.org/10.4215/rm2020.e19002>

COLLA, G.; ROUPHAEL, Y. Biostimulants in Horticulturae. **Scientia Horticulturae**, v.196, n.30, p.1-2, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.10.044>

DELL'AVERSANA, E.; CIRILLO, V.; VAN OOSTEN, M. J.; DI STASIO, E.; SAIANO, K.; WOODROW, P.; CIARMIELLO, L. F.; MAGGIO, A.; CARILLO, P. *Ascophyllum nodosum* based extracts counteract salinity stress in tomato by remodeling leaf nitrogen metabolism. **Plants**, v.10, n.6, p.1044, 2021. <https://doi.org/10.3390/plants10061044>

ELANSARY, H. O.; MAHMOUD, E. A.; EL-ANSARY, D. O.; MATTAR, M. A. Effects of water stress and modern biostimulants on growth and quality characteristics of mint. **Agronomy**, v. 10, n. 1, p. 6, 2019. <https://doi.org/10.3390/agronomy10010006>

FAROOQ, F.; RASHID, N.; IBRAR, D.; HASNAIN, Z.; ULLAH, R.; NAWAZ, M.; KHAN, S. Impact of varying levels of soil salinity on emergence, growth and biochemical attributes of four *Moringa oleifera* landraces. **PLoS One**, v.17, n.2, p.e0263978, 2022. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0263978>

GARCIA-GONZALEZ, J.; SOMMERFELD, M. Biofertilizer and biostimulant properties of the microalga *Acutodesmus dimorphus*. **Journal of Applied Phycology**, v. 28, p. 1051–1061, 2016. <https://doi.org/10.1007/s10811-015-0625-2>

GULZAR, S.; HUSSAIN, T.; GUL, B.; HAMEED, A. Photosynthetic Adaptations and Oxidative Stress Tolerance in Halophytes from Warm Subtropical Region. **Springer**, v.1, n.1, p.1-31, 2020. https://doi.org/10.1007/978-3-030-17854-3_52-1

HADIA, E. H.; SLAMA, A.; ROMDHAME, L.; M'HAMED, H. C.; ABODOMA, A. H.; FAHEJ, M. A. S.; RADHOUNE, L. Morpho-physiological and molecular responses of two Libyan bread wheat cultivars to plant growth regulators under salt stress. **Italian Journal of Agronomy**, v. 15, n. 3, p. 246-253, 2020. <https://doi.org/10.4081/ija.2020.1633>

HASANUZZAMAN, M.; RAIHAN, M. R. H.; MASUD, A. A. C.; RAHMAN, K.; NOWROZ, F.; RAHMAN, M.; NAHAR, K.; FUJITA, M. Regulation of reactive oxygen species and antioxidant defense in plants under salinity. **International Journal of Molecular Sciences**, v.22, n.17, p.9326, 2021a. <https://doi.org/10.3390/ijms22179326>

HASANUZZAMAN, M.; PARVIN, K.; BARDHAN, K.; NAHAR, K.; ANEE, T. I.; MASUD, A. A. C.; FOTOPOULOS, V. Biostimulants for the regulation of reactive oxygen species metabolism in plants under abiotic stress. **Cells**, v.10, n.10, p.2537, 2021b. <https://doi.org/10.3390/cells10102537>

HUIHUI, Z.; YUE, W.; XIN, L.; GUOQIANG, H.; YANHUI, C.; ZHIYUAN, T.; JIEYU, S.; NAN, X.; GUANGYU, S. Chlorophyll synthesis and the photoprotective mechanism in leaves of mulberry (*Morus alba* L.) seedlings under NaCl and NaHCO₃ stress revealed by TMT-based proteomics analyses. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 190, p. 110164, 2020. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.110164>

KALUŻEWICZ, A.; KRZESIŃSKI, W.; SPIŻEWSKI, T.; ZAWORSKA, A. Effect of Biostimulants on Several Physiological Characteristics and Chlorophyll Content in Broccoli under Drought Stress and Re-watering. *Not. Bot. Horti Agrobot. Cluj-Napoca*. v.45, n.1, p.197–202, 2017. <http://dx.doi.org/10.15835/nbha45110529>

KESHAVARZ, H.; HOSSEINI, S. J.; SEDIBE, M. M.; ACHILONU, M. C. Arbuscular mycorrhizal fungi used to support Iranian barley cultivated on cadmium contaminated soils (*Hordeum vulgare* L.). **Applied Ecology & Environmental Research**, v. 20, n. 1, p.43-53, 2022. http://dx.doi.org/10.15666/aeer/2001_043053

LOTFI, R.; GHASSEMI-GOLEZANI, K.; PESSARAKLI, M. Salicylic acid regulates photosynthetic electron transfer and stomatal conductance of mung bean (*Vigna radiata* L.) under salinity stress. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v. 26, n.1, p.101858, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2020.101635>

LANFER-MARQUEZ, U. M. The role of chlorophyll in human feeding: A review. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v.39, n.3, p.227-242, 2003.

LU, Y.; FRICKE, W. Salt Stress—Regulation of root water uptake in a whole-plant and diurnal context. **International Journal of Molecular Sciences**, v.24, n.9, p. e-8070, 2023. <https://doi.org/10.3390/ijms24098070>

MAHAVEERCHAND, H.; ABDUL SALAM, A. A. Environmental, industrial, and health benefits of *Moringa oleifera*. **Phytochemistry Reviews**, v.1, n.1, p. 1-60, 2024. <https://doi.org/10.1007/s11101-024-09927-x>

MALIK, A.; MOR, V. S.; TOKAS, J.; PUNIA, H.; MALIK, S.; MALIK, K.; ... & KARWASRA, A. Biosmulant-Treated Seedlings under Sustainable Agriculture: A Global Perspective Facing Climate Change. **Agronomy**, v. 11, n. 1, e14, 2021. <https://doi.org/10.3390/agronomy11010014>

MARTYNENKO, A.; SHOTTON, K.; ASTATKIE, T.; PETRASH, G.; FOWLER, C.; NEILY, W.; CRITCHLEY, A.T. Thermal imaging of soybean response to drought

stress: The effect of *Ascophyllum nodosum* seaweed extract. **Springerplus**, v.5, n.1393, p.1-14, 2016. <https://doi.org/10.1186/s40064-016-3019-2>

MELO, G. B.; SILVA, A. G.; COSTA, A. C.; ALVES, A. S.; ROSA, M.; BESSA, L. A.; RODRIGUES, C. R.; CASTOLDI, G.; VITORINO, L. C. Foliar Application of Biostimulant Mitigates Water Stress Effects on Soybean. **Agronomy**, v. 14, n. 3, p. 414, 2024. <https://doi.org/10.3390/agronomy14030414>

NÓBREGA, J. S.; SILVA, T. I.; SOUSA, L. V.; RIBEIRO, J. E. S.; FIGUEIREDO, F. R. A. FÁTIMA, R. T.; DIAS, T. J.; BRUNO, R. L. A. Ecophysiology of *Mentha piperita* under saline stress and biostimulant in the Brazilian semiarid region. **Revista Brasileira De Ciências Agrárias**, v. 18, n. 2, p.e2203, 2023. <https://doi.org/10.5039/agraria.v18i2a2203>

OMIDBAKHSHFARD, M.A.; SUJEETH, N.; GUPTA, S.; OMRANIAN. N.; GUINAN, K. J.; BROTMAN, Y.; NIKOLOSKI, Z.; FERNIE, A. R.; MUELLER-ROEBER, B.; GECHEV, T. S. A biostimulant obtained from the seaweed *Ascophyllum nodosum* protects *Arabidopsis thaliana* from severe oxidative stress. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 21, n. 2, p. 474, 2020. <http://dx.doi.org/10.3390/ijms21020474>

PESSOA, L. G.; FREIRE, M. B. D. S.; GREEN, C. H.; MIRANDA, M. F.; FILHO, J. C.; PESSOA, W. R. Assessment of soil salinity status under different land-use conditions in the semiarid region of Northeastern Brazil. **Ecological Indicators**, v.141, n.1, p.109139, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.109139>

RAJA, B.; VIDYA, R. Application of seaweed extracts to mitigate biotic and abiotic stresses in plants. **Physiology and Molecular Biology of Plants**, v.29, n.5, p.641-661, 2023. <https://doi.org/10.1007/s12298-023-01313-9>

RAMÍREZ-OLVERA, S. M.; TREJO-TÉLLEZ, L.I.; GÓMEZ-MERINO, F. C.; RUÍZ-POSADAS, L. M.; ALCÁNTAR-GONZÁLEZ, E. G.; SAUCEDO-VELOZ, C. Silicon stimulates plant growth and metabolism in rice plants under conventional and osmotic stress conditions. **Plants**, v. 10, n.4, p. 777, 2021. <http://dx.doi.org/10.3390/plants10040777>

SAEGER, J.; PRAET, S. V.; VEREECKE, D.; PARK, J.; JACQUES, S.; HAN, T.; DEPUYDT, S. Toward the molecular understanding of the action mechanism of *Ascophyllum nodosum* extracts on plants. **Journal of Applied Psychology, New York**, v. 32, n. 1, p. 573–597, 2020. <https://doi.org/10.1007/s10811-019-01903-9>

SANCHES, D. B.; AMADOR, B. N.; GARIBAY, A. N.; MELÉNDEZ, L. A.; DIÉGUEZ, E. T.; MONFEL, L. H.; SILVEIRA, C. M. O.; SUÁSTEGUI, J. M. M.; FERNÁNDEZ, Y. M. A. Bioestimulante derivado de caña de azúcar mitiga los efectos del estrés por NaCl en *Ocimum basilicum* L. **Ecosistema y Recursos Agropecuarios**, v. 6, n. 17, p. 297-306, 2019. <https://doi.org/10.19136/era.a6n17.2069>

SANTANIELLO, A.; SCARTAZZA, A.; GRESTA, F.; LORETI, E.; BIASONE, A.; DI TOMMASO, D.; PIAGGESI, A.; PERATA, P. *Ascophyllum nodosum* seaweed extract alleviates drought stress in arabidopsis by affecting

photosynthetic performance and related gene expression. **Frontiers in Plant Science**. v.8, n.15, p.1362, 2017. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01362>

SALES, J. R. D. S.; LACERDA, C. F. D.; MELO, A. S. D.; SOUSA, G. G. D.; MESQUITA, R. O.; FERREIRA, J. F. D. S.; OLIVEIRA, A. C.; CANJÁ, J. F.; CAVALCANTE, E. S.; RIBEIRO, R. M. Algae biostimulant improves salt tolerance and visual quality of tropical ornamental herbaceous species. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.28, n.4, p.e278645, 2024. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v28n4e278645>

SELEIMAN, M. F.; AL-SUHAIBANI, N.; ALI, N.; AKMAL, M.; ALOTAIBI, M.; REFAY, Y.; TUGAY, D.; ABDUL-WAJID, H. H.; BATTAGLIA, M. L. Drought stress impacts on plants and different approaches to alleviate its adverse effects. **Plants**, v. 10, n. 2, p. 259, 2021. <https://doi.org/10.3390/plants10020259>

SHAHZAD, R.; HARLINA, P. W.; EWAS, M.; ZHENYUAN, P.; NIE, X.; GALLEGU, P. P.; ULLAH KHAN, S.; NISHAWY, E.; KHAN, A. H.; JIA, H. Foliar applied 24-epibrassinolide alleviates salt stress in rice (*Oryza sativa* L.) by suppression of ABA levels and upregulation of secondary metabolites. **Journal of Plant Interactions**, v.16, n.1, p.533–549, 2021. <http://dx.doi.org/10.1080/17429145.2021.2002444>

SHAHZAD, R.; HARLINA, P. W.; GALLEGU, P. P.; FLEXAS, J.; EWAS, M.; LEIWEN, X.; KARUNIAWAN, A. The seaweed *Ascophyllum nodosum*-based biostimulant enhances salt stress tolerance in rice (*Oryza sativa* L.) by remodeling physiological, biochemical, and metabolic responses. **Journal of Plant Interactions**, v. 18, n.1, p. e2266514, 2023. <https://doi.org/10.1080/17429145.2023.2266514>

SHI-CHU, L.; YONG, J.; MA-BO, L.; ZHU, W-X.; NAN, X.; HUI-HUI, Z. Improving plant growth and. alleviating photosynthetic inhibition from salt stress using AMF in alfalfa seedlings. **Journal of Plant Interactions**, v.14, n.1, p.482-491, 2019. <http://dx.doi.org/10.1080/17429145.2019.1662101>

SILVA, A. F.; SOUSA, F. D. O.; SANTOS, G. L.; ARAÚJO JÚNIOR, E. S.; SILVA S. L. F.; MACEDO, C. E. C.; MELO, A. S.; MAIA, J. M. **The Journal of Agricultural Science**, v.10, n.10, p.388-404, 2018. <https://doi.org/10.5539/jas.v10n10p388>

SILVA, C. C.; ARRAIS, I. G.; ALMEIDA, J. P. N.; DANTAS, L. L. G. R.; SILVA, F. S. O.; MENDONÇA, V. Extrato da alga *Ascophyllum nodosum* (L. Le Jolis na produção de porta-enxertos de *Annona glabra* L. **Revista de Ciências Agrárias**,v.39, n.1, p.234–241, 2016. <https://doi.org/10.19084/RCA15057>

SILVA, B. A. D.; SILVA, J. D. S.; SILVA, T. I. D.; COSTA, R. S. D.; CASTRO, C. S. D.; OLIVEIRA, L. K. D.; SOUSA, T. R.; RODRIGUES, C. Y. A. C.; CARDOSO, F. B.; MESQUITA, R. O. Bioestimulant with *Ascophyllum nodosum* and fulvic acids as mitigating factors of salinity damage in soybean. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 28, n.4, p.e278961, 2024. <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v28n4e278961>

SMIDERLE, O. J.; SOUZA, A. D. G.; MAIA, S. D. S.; REIS, N. D. D.; COSTA, J. S. D.; PEREIRA, G. S. Do Stimulate® and Acadian® promote increased growth and physiological indices of *Hymenaea courbaril* seedlings? **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.44, n.1, p.e-872, 2022. <https://doi.org/10.1590/0100-29452022872>

TAVARES FILHO, G. S.; DA SILVA, D. F.; LINS, R. C.; SOUSA ARAÚJO, C. A.; OLIVEIRA, F. F.; MATIAS, S. S. R. Desenvolvimento de mudas de Moringa oleífera (LAM) submetida a diferentes níveis de água salina. **Brazilian Journal of Development**, v.6, n.7, p.48671-48683, 2020. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n7-493>

WALLY, O. S.; CRITCHLEY, A. T.; HILTZ, D.; CRAIGIE, J. S.; HAN, X.; ZAHARIA, L. I.; PRITHIVIRAJ, B. Regulation of phytohormone biosynthesis and accumulation in Arabidopsis following treatment with commercial extract from the marine macroalga *Ascophyllum nodosum*. **Journal of Plant Growth Regulation**, v.32, n.1, p.324–339, 2013. <https://doi.org/10.1007/s00344-012-9301-9>

ZHANG, T.; GONG, H.; WEN, X.; LU, C. Salt stress induces a decrease in excitation energy transfer from phycobilisomes to photosystem II but an increase to photosystem I in the cyanobacterium *Spirulina platensis*. **Journal of Plant Physiology**, v.167, n.12, p.951-958, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2009.12.020>

ZHAO, S.; ZHANG, Q.; LIU, M.; ZHOU, H.; MA, C.; WANG, P. Regulation of plant responses to salt stress. **International Journal of Molecular Sciences**, v.22, n.9, p.4609, 2021. <https://doi.org/10.3390/ijms22094609>

ZUZUNAGA-ROSAS, J.; GONZÁLEZ-ORENGA, S.; CALONE, R.; RODRÍGUEZ-HEREDIA, R.; ASAFF-TORRES, A.; BOSCAIU, M.; IBÁÑEZ-ASENIO, S.; RAMÓN, H.M.; VICENTE, O. Use of a biostimulant to mitigate the effects of excess salinity in soil and irrigation water in tomato plants. **Plants**, v.12, n.5, p. 1190. 2023. <https://doi.org/10.3390/plants12051190>

ANEXO

Tabela 3. Resumo da análise de variância para as variáveis de clorofila a (*Cl. a*), b (*Cl. b*), total (*Cl. To*), relação clorofila a / b (*Cl. a/ b*), fluorescência inicial (*Fo*), máxima (*Fm*), variável (*Fv*), relação *Fv/Fm* aos 60 DAE, e taxas de crescimento relativo da altura de plantas (*TCRap*) e diâmetro do caule (*TCRdc*) de moringa irrigada com água salina (*CEai*) e sob aplicação de bioestimulante (*Bio*) no período de 10 a 60DAE, UFPB, 2024.

Tratamentos	GL	Cl. A	Cl B	Cl To	CIA_B	Fm	Fo	Fv	FvFm	TCRap	TCRdc
Bloco	1	2,55 ^{ns}	0,09 ^{ns}	2,19 ^{ns}	0,08 ^{ns}	1751 [*]	178,20 ^{**}	937 ^{ns}	7,01-5 ^{ns}	4,25e-6 ^{ns}	8,67e-7 ^{ns}
Tratamento		20,58 ^{**}	1,13 ^{**}	24,72 ^{**}	0,38 ^{**}	40194 ^{**}	1426,20 ^{**}	27333 ^{**}	1,4e-3 ^{**}	1,13e-4 ^{**}	2,62e-5 ^{**}
Bioestimulante (L)	3	2,92 ^{**}	0,52 [*]	3,43 ^{**}	0,11 ^{ns}	193,53 ^{**}	35,71 ^{**}	157,82 ^{**}	0,018 ^{**}	1,20e-2 ^{**}	3,49e-3 ^{**}
Bioestimulante (Q)	1	1,09 ^{ns}	0,81 ^{**}	0,37 ^{ns}	0,48 ^{**}	55,65 ^{**}	9,21 ^{**}	46,44 ^{**}	0,007 ^{ns}	5,34e-5 ^{ns}	1,22e-3 ^{ns}
CEai (L)	1	4,71 ^{**}	0,05 ^{ns}	4,71 ^{**}	0,54 ^{**}	22,67 [*]	6,98 [*]	15,69 ^{ns}	0,003 ^{ns}	1,38e-3 ^{ns}	5,09 e-4 ^{ns}
CEai (Q)	3	1,56 [*]	0,30 ^{ns}	1,27 ^{ns}	0,32 ^{**}	1,95 ^{ns}	10,17 ^{**}	8,22 ^{ns}	0,012 [*]	1,20e-3 ^{ns}	1,68e-3 [*]
Bio. x CEai	1	0,25 ^{ns}	0,20 ^{**}	0,45 [*]	0,06 [*]	33,12 ^{**}	4,59 ^{**}	28,53 ^{**}	0,005 ^{**}	6,22e-4 [*]	9,44e-4 ^{**}
CV (%)		3,30	4,60	3,10	4,30	9,00	6,50	3,50	3,90	8,60	7,20

Nota: ** significativo a 1% (p<0,01); NS: não significativo; CV: Coeficiente de Variação.