



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS, SOCIAIS E AGRÁRIAS
BACHARELADO EM AGROECOLOGIA

METIL JASMONATO ATENUA OS EFEITOS DA SALINIDADE EM
PIMENTA BIQUINHO (*Capsicum chinense*) E MELHORA OS PARÂMETROS
NUTRACÊUTICOS DOS FRUTOS

Marquíria Souza de Assis Lopes

BANANEIRAS - PB

2025

Marquíria Souza de Assis Lopes

**METIL JASMONATO ATENUA OS EFEITOS DA SALINIDADE EM
PIMENTA BIQUINHO (*Capsicum chinense*) E MELHORA OS PARÂMETROS
NUTRACÊUTICOS DOS FRUTOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado no Centro de Ciências Humanas, Sociais e Agrárias, da Universidade Federal da Paraíba, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Agroecologia.

Orientador: Prof. Dr. Thiago Jardelino Dias

Coorientador: Ms. Adriano Salviano Lopes

BANANEIRAS - PB

2025


Marquíria Souza de Assis Lopes

**O METIL JASMONATO ATENUA OS EFEITOS DA SALINIDADE EM
PIMENTA BIQUINHO (*Capsicum chinense*) E MELHORA OS PARÂMETROS
NUTRACÊUTICOS DOS FRUTOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso de Bacharelado em Agroecologia, do Centro de Ciências Humanas, Sociais e Agrárias, da Universidade Federal da Paraíba, como requisito para obtenção do título de Bacharel em Agroecologia.


Aprovado em: 06/10/2025

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 **THIAGO JARDELINO DIAS**
Data: 05/02/2026 09:55:47-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>


Orientador

Prof. Dr. Thiago Jardelino Dias
Departamento de Agricultura– CCHSA/UFPB

Documento assinado digitalmente
 **JULIANE MACIEL HENSCHEL**
Data: 05/02/2026 11:06:23-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Avaliadora

Dra. Juliane Maciel Henschel

Documento assinado digitalmente
 **VANESSA DE AZEVEDO SOARES**
Data: 05/02/2026 10:56:13-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Avaliadora

Ms. Vanessa Azevedo Soares

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

L864m Lopes, Marquiria Souza de Assis.

O Metil Jasmonato atenua os efeitos da salinidade em pimenta biquinho (*Capsicum chinense*) e melhora os parâmetros nutracêuticos dos frutos / Marquiria Souza de Assis Lopes. - Bananeiras, 2025.

43 f. : il.

Orientação: Thiago Jardelino Dias.

Coorientação: Adriano Salviano Lopes.

TCC (Graduação) - UFPB/CCHSA.

1. Estresse abiótico. 2. produção de frutos. 3. qualidade dos frutos. 4. água salina. 5. tolerância. I. Dias, Thiago Jardelino. II. Lopes, Adriano Salviano. III. Título.

UFPB/CCHSA/BSMSV

CDU 631 (043)

Elaborado por Maria Estela Alves Costa - CRB-15/1004

AGRADECIMENTOS

A Deus, agradeço pela vida, pela saúde, pela coragem diante das dificuldades e pela esperança a cada amanhecer. Aos meus pais Andresa Souza de Assis e Jeferson de Sá Lopes, pelo amor incondicional, pelos sacrifícios diários e pelo apoio constante, sempre foram a base para minhas conquistas. Vocês são o maior exemplo de dedicação e perseverança que levo para a vida.

Aos meus familiares, que, de diferentes maneiras, contribuíram para que esta conquista se tornasse realidade. Seja com palavras de incentivo, com abraços acolhedores ou com gestos de cuidado, cada demonstração de afeto fez diferença nesta caminhada.

Ao meu companheiro, Marcone Brito de Queiroz, pelos momentos de paciência, me dando confiança e força para seguir em frente, ao conforto emocional e compreensão nos momentos de ausência.

Ao meu orientador, Thiago Jardelino Dias, e Coorientadores, Adriano Salviano Lopes e Juliane Maciel Henschel, pela paciência, compreensão e por compartilhar não apenas seu conhecimento acadêmico, mas também conselhos valiosos que levarei para além da universidade. A orientação foi fundamental para que este trabalho alcançasse sua forma final.

Aos professores do curso de Bacharelado em Agroecologia, que com dedicação transmitiram ensinamentos e contribuíram para a minha formação como profissional e ser humano. Aos meus melhores amigos, agradeço pela parceria, pelas conversas que aliviaram os momentos de tensão, pelas risadas que tornaram os dias mais leves e pela força nos momentos de desânimo. Este caminho não teria o mesmo sentido sem vocês.

Aos participantes desta pesquisa, que confiaram e dedicaram parte de seu tempo para contribuir com este estudo, deixo meus mais sinceros agradecimentos.

Agradeço ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, Brasil), FAPESQ/UFPB (Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado da Paraíba/Universidade Federal da Paraíba) pela bolsa, para que esta pesquisa fosse realizada e publicada com sucesso.

Por fim, a todos que, de forma direta ou indireta, deixaram sua marca nesta trajetória, ofereço minha gratidão. Cada palavra de incentivo, cada gesto de apoio e cada demonstração de carinho foram fundamentais para que eu chegasse até aqui. Este trabalho não é apenas meu, mas resultado de uma rede de pessoas que caminharam ao meu lado.

RESUMO

A pimenta biquinho (*Capsicum chinense* Jacq.) é valorizada por suas propriedades de sabor e nutracêuticos. Apesar de seu grande potencial econômico, pouco se sabe sobre suas respostas às estratégias de salinidade e mitigação do estresse, como o uso de metil jasmonato (MeJa). Este estudo levantou a hipótese de que o MeJa pode reduzir o estresse induzido pelo sal, melhorando a fotossíntese, limitando os danos oxidativos e preservando a qualidade do rendimento e dos frutos. Para testar isso, as plantas da pimenta biquinho ('Iracema') foram cultivadas em delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial de 3×3 combinando salinidade e tratamentos com MeJa. As concentrações de sal corresponderam a 0 (nenhum NaCl), 40 mM (NaCl moderado) e 80 mM (NaCl grave), enquanto os tratamentos com MeJa corresponderam a 0 (controle), 0,1 mM e 1 mM de MeJa. Foram determinados os parâmetros de trocas gasosas, altura de plantas, número de frutos, altura da planta, número de folhas, massa fresca da folha, massa fresca do caule, massa fresca da raiz, massa seca do caule, massa seca da raiz, massa seca da folha, evapotranspiração, condutância estomática, assimilação de CO₂, concentração interna de CO₂, clorofila a, clorofila b, açúcares totais, açúcares redutores, compostos fenólicos, sólidos solúveis, flavonoides, antocianinas, rendimento quântico máximo de PSII, (F_v/F_m), fluorescência mínima (F_0), fluorescência máxima (F_m), razão de fluorescência variável para mínima (F_v/F_0), tempo para atingir F_m (T_m), pontos de teste JIP (O, J, I e P), extravasamento de eletrólito, eficiência do uso da água (WUE), concentração interna de CO₂, eficiência intrínseca do uso da água (iWUE) e eficiência de carboxilação (iCE). A salinidade induziu desequilíbrio oxidativo, prejudicando o crescimento das plantas, com 80 mM NaCl resultando no menor crescimento. Além disso, ambas as concentrações de sal induziram o aborto floral, impedindo completamente a produção de frutos. MeJa diminuiu o extravasamento de eletrólitos das plantas tratadas, estimulando seu crescimento abaixo de 0 e 40 mM NaCl, mas não abaixo de 80 mM NaCl, no qual até reduziu o crescimento. MeJa não reverteu a inibição da produção de frutos causada pela salinidade. Em plantas não tratadas com o sal, ambas as concentrações reduziram a massa total de frutos, no entanto, 1 mM MeJa melhorou a qualidade dos frutos, aumentando as concentrações de antocianinas, açúcares e sólidos solúveis. Enquanto isso, 0,1 mM MeJa aliviou danos oxidativos e restrições de crescimento em pimenta biquinho sob salinidade moderada, mas nenhuma das concentrações de MeJa mitigou os efeitos salinos na produção de frutos.

Palavras-chaves: Estresse abiótico; produção de frutos; qualidade dos frutos; água salina; tolerância.

ABSTRACT

Biquinho pepper (*Capsicum chinense* Jacq.) is valued for its flavor and nutraceutical properties. Despite its great economic potential, little is known about its responses to salinity strategies and stress mitigation, such as the use of methyl jasmonate (MeJa). This study hypothesized that MeJa could reduce salt-induced stress by improving photosynthesis, limiting oxidative damage, and preserving yield and fruit quality. To test this, biquinho pepper ('Iracema') plants were grown in a completely randomized design in a 3 × 3 factorial scheme combining salinity and MeJa treatments. Salt concentrations corresponded to 0 (no NaCl), 40 mM (moderate NaCl), and 80 mM (severe NaCl), while MeJa treatments corresponded to 0 (control), 0.1 mM, and 1 mM MeJa. Gas exchange parameters, plant height, number of fruits, plant height, number of leaves, leaf fresh mass, stem fresh mass, root fresh mass, stem dry mass, root dry mass, leaf dry mass, evapotranspiration, stomatal conductance, CO₂ assimilation, internal CO₂ concentration, chlorophyll a, chlorophyll b, total sugars, reducing sugars, phenolic compounds, soluble solids, flavonoids, anthocyanins, maximum quantum yield of PSII (Fv/Fm), minimum fluorescence (F_o), maximum fluorescence (F_m), variable-to-minimum fluorescence ratio (Fv/F_o), time to reach F_m (T_m), JIP-test points (O, J, I, and P), electrolyte leakage, water use efficiency (WUE), internal CO₂ concentration, intrinsic water use efficiency (iWUE), and intrinsic carboxylation efficiency (iCE) were determined. Salinity induced oxidative imbalance and impaired plant growth, with 80 mM NaCl resulting in the lowest growth. In addition, both salt concentrations induced floral abortion, completely preventing fruit production. MeJa decreased electrolyte leakage in treated plants, stimulating growth under 0 and 40 mM NaCl, but not under 80 mM NaCl, where it even reduced growth. MeJa did not reverse the inhibition of fruit production caused by salinity. In non-salt-treated plants, both MeJa concentrations reduced total fruit mass, with 1 mM MeJa improving fruit quality by increasing anthocyanin, sugar, and soluble solid concentrations. Thus, 0.1 mM MeJa alleviated oxidative damage and growth restrictions in biquinho pepper under moderate salinity, but neither MeJa concentration mitigated the saline effects on fruit production.

Keywords: Abiotic stress; fruit production; fruit quality; saline water; tolerance.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Fenótipo, biomassa e parâmetros de crescimento de plantas de pimenta biquinho (*C. chinense*) com 133 dias de idade irrigadas com água salina (0, 40 e 80 mM NaCl) e tratadas com metil jasmonato (0, 0,1 e 1 mM MeJa). Imagens de plantas representativas (a); massa fresca (b); massa seca (c); altura da planta (d); área foliar (e); número de folhas (f). Os valores representam médias \pm erro padrão ($n = 7$). Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem (teste de Tukey; $P > 0,05$). Letras minúsculas comparam os tratamentos com MeJa dentro de cada concentração de sal, e letras maiúsculas comparam as concentrações de NaCl dentro de cada concentração de MeJa.....21

Figura 2. Produção de frutos de plantas de pimenta biquinho (*C. chinense*) tratadas com metil jasmonato (0, 0,1 e 1 mM MeJa). Os frutos foram colhidos a cada quatro dias, de 77 a 106 dias após o transplante, totalizando 6 colheitas. Número total de frutos (a); Massa total de frutos (b); Número de frutos por planta por colheita (c); Massa de frutos por planta por colheita (d). Os valores representam médias \pm erro padrão ($n = 7$). Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas não diferem (teste de Tukey; $P > 0,05$). A salinidade impediu completamente a frutificação, portanto, nenhum dado de produção de frutos foi apresentado. 22

Figura 3. Taxas de troca gasosa foliar de plantas de pimenta biquinho (*C. chinense*) irrigadas com água salina (0, 40 e 80 mM NaCl) e tratadas com metil jasmonato (0, 0,1 e 1 mM MeJa) 105 dias após o transplante. Condutância estomática (a e b); taxa de assimilação líquida de CO₂ (c); evapotranspiração (d); concentração interna de CO₂ (e); eficiência do uso da água (f); e eficiência intrínseca do uso da água (g e h). Os valores representam médias \pm erro padrão ($n = 7$). Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem (teste de Tukey; $P > 0,05$). Letras minúsculas comparam os tratamentos com MeJa dentro de cada concentração de sal, e letras maiúsculas comparam as concentrações de NaCl dentro de cada concentração de MeJa.....24

Figura 4. Índice de clorofila e extravasamento de eletrólitos em plantas de pimenta biquinho (*C. chinense*) irrigadas com água salina (0, 40 e 80 mM NaCl) e tratadas com metil jasmonato (0, 0,1 e 1 mM MeJa) 105 dias após o transplante. CIF: Índice de clorofila de Falker. Os valores representam médias \pm erro padrão ($n = 7$). Médias seguidas pelas

mesmas letras não diferem (teste de Tukey; $P > 0,05$). Letras minúsculas comparam os tratamentos com MeJa dentro de cada concentração de sal, e letras maiúsculas comparam as concentrações de NaCl dentro de cada concentração de MeJa.....26

Figura 5. Gráficos de radar para fluorescência da clorofila a de plantas de pimenta-biquinho (*C. chinense*) irrigadas com água salina (0, 40 e 80 mM NaCl) e tratadas com metil jasmonato (0, 0,1 e 1 mM MeJa) 105 dias após o transplante. Os valores representam médias \pm erro padrão ($n = 7$). Os dados foram normalizados em relação aos valores obtidos para plantas não estressadas (0 mM NaCl) e não tratadas (0 mM MeJa) para representar as diferenças relativas. Os tratamentos foram desdobrados para facilitar a visualização. Os asteriscos indicam diferenças entre tratamentos e condições em relação ao controle não estressado e não tratado (0 mM MeJa e 0 mM NaCl) por meio do teste de Duncan ($P \leq 0,05$)28

Figura 6. Análise pós-colheita de frutos de pimenta-biquinho (*C. chinense*) tratados com metil jasmonato (0, 0,1 e 1 mM de MeJa). As condições salinas impediram completamente a formação de frutos, portanto, não foram apresentados dados sobre a qualidade dos frutos. Aspecto visual dos frutos (a); antocianinas totais (b); compostos fenólicos (c); açúcares totais (d); açúcares redutores (e); sólidos solúveis (f). Os valores representam médias \pm erro padrão ($n = 7$). Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas não diferem (teste de Tukey; $P > 0,05$).....30

Figura 7. Análise de componentes principais de variáveis morfofisiológicas de plantas de pimenta biquinho (*C. chinense*) irrigadas com água salina (0, 40 e 80 mM NaCl) e tratadas com metil jasmonato (0, 0,1 e 1 mM MeJa). Altura da planta (PH); número de folhas (NL); massa fresca da folha (LFM); massa fresca do caule (SFM); massa fresca da raiz (RFM); massa seca do caule (SDM); massa seca da raiz (RDM); massa seca da folha (LDM); evapotranspiração (E); condutância estomática (g_s); assimilação de CO_2 (A); concentração interna de CO_2 (C_i); clorofila a (Chl a); clorofila b (Chl b); açúcares totais (TS); açúcares redutores (RS); compostos fenólicos (PC); sólidos solúveis (SS); flavonoides (Fla); antocianinas (Ant); rendimento quântico máximo de PSII (F_v/F_m); fluorescência mínima (F_0), fluorescência máxima (F_m); razão de fluorescência variável para mínima (F_v/F_0); tempo para atingir F_m (T_m); pontos de teste JIP (O, J, I e P); extravasamento de eletrólito (EL); eficiência do uso da água (WUE); concentração

interna de CO₂ (C_i); eficiência intrínseca do uso da água (iWUE); eficiência de carboxilação (iCE)..... 31

LISTA DE SIGLAS

- MeJa – Metil jasmonato
- DAT – Dias após o transplântio
- g_s – Condutância estomática
- A – Taxa líquida de assimilação de CO_2
- E – Evapotranspiração
- C_i – Concentração interna de CO_2
- F_m – Fluorescência máxima de clorofila a
- F_0 – Fluorescência inicial
- F_v – Fluorescência variável
- F_v/F_m – Rendimento quântico do fotossistema II
- F_v/F_0 – Atividade complexa da evolução da água
- AT – Açúcar total
- AR – Açúcares redutores
- ANR – Açúcares não redutores
- mM – Milimolar
- WUE – Eficiência do uso da água
- iWUE – Eficiência intrínseca do uso da água
- g – Gramas
- mg – Miligramas
- H – Altura
- Ant – Antocianinas
- SS – Sólidos solúveis
- MSR – Massa seca da raiz
- MFR – Massa fresca da raiz
- MSF – Massa seca foliar
- MFF – Massa fresca foliar
- MSC – Massa seca do caule
- MFC – Massa fresca do caule
- CF – Compostos fenólicos
- O – Fluorescência basal da clorofila a adaptada ao escuro
- J – Resposta ao fechamento dos centros de reação do fotossistema II - PSII
- I – Ponto máximo de fluorescência em resposta ao acúmulo de elétrons em PSII

P – Ponto máximo de fluorescência após a redução do receptor final de elétrons de PSII

Fla – Flavonoides

NF – Número de folhas

EE – Extravasamento de eletrólitos

AF – Área foliar

Tm – Tempo para atingir Fm

PC – Componentes principais

EROs – Espécies reativas de oxigênio

ABA – Ácido abcísico

nm – Nanômetro

Chl *a* – Clorofila *a*

Chl *b* – Clorofila *b*

1. INTRODUÇÃO.....	14
2. METODOLOGIA	17
2.1 Desenho Experimental.....	17
2.2 Material vegetal	17
2.3 Salinidade e tratamentos com metil jasmonato	17
2.4 Crescimento das plantas e produção de frutos	18
2.5 Troca gasosas, índice de clorofila e fluorescência da clorofila <i>a</i>	18
2.6 Extravasamento de eletrólitos.....	19
2.7 Açúcares totais, redutores e não redutores dos frutos	19
2.8 Compostos fenólicos, antocianinas e flavonóides dos frutos	20
2.9 Análise dos dados	20
3. RESULTADOS	20
4. DISCUSSÃO.....	32
4. CONCLUSÕES	36
5. REFERÊNCIAS	36

1. INTRODUÇÃO

A salinização do solo é causada por fatores naturais e atividades humanas, representando grande ameaça à agricultura, impactando fortemente a produção de alimentos (Tarolli et al., 2024). Em 2021, estimou-se que 424M ha de solo superficial e 833M ha de subsolo são afetados pelo sal, correspondendo a 4,4% e 8,7% da área total do globo, sendo as regiões áridas e semiáridas as áreas mais afetadas (FAO 2024). O acúmulo de sais diminui o potencial hídrico dos solos, reduzindo o gradiente do potencial hídrico e prejudicando a captação de água pelas plantas devido a desequilíbrios osmóticos, causando desidratação, deficiência de nutrientes e parada de crescimento (Zhou et al., 2024). Além disso, a salinidade resulta em desequilíbrios iônicos, afetando o equilíbrio de Na^+ e K^+ , e comprometendo processos metabólicos e fisiológicos (Xiao e Zhou., 2023; Neves et al., 2025), com o excesso de Na e Cl em tecidos vegetais também causando toxicidade (Flowers et al., 2015). A salinidade também intensifica a produção de espécies reativas de oxigênio (ROS), levando a danos celulares, peroxidação lipídica, crescimento reduzido e, finalmente, morte celular (Nadarajah, 2020). Devido aos fortes efeitos deletérios da salinidade, as plantas desenvolveram vários mecanismos de defesa, como a maioria das plantas cultivadas, incluindo pimentas (*Capsicum* spp.), sendo glicófitos. Essas plantas são sensíveis à exposição à salinidade, exibindo diferentes respostas de tolerância e mecanismos para lidar (Bojórquez-Quintal et al., 2014, 2016; Mann et al., 2023).

A pimenta biquinho (*Capsicum chinense* Jacq.) é uma variedade brasileira de pimentão doce pertencente à família Solanaceae, que tem grande importância econômica e cultural (Zamljen et al., 2020; Cruz et al., 2022). Seus frutos são não-climatéricos, vermelhos ou laranja, pequenos ($3 \times 1,5$ cm), arredondados, e apresentam uma ponta como um bico que confere seu nome biquinho, que significa “pequeno bico” (Ribeiro et al., 2018). A colheita de frutos começa 60 a 90 dias após o transplântio, com duração de cerca de 120 a 220 dias após o transplântio, dependendo das condições ambientais e de manejo (Ribeiro et al., 2018; Ávila Silva et al., 2019; Bione et al., 2021). Destaca-se por sua falta de pungência, variando de 0 a 270 unidades de calor Scoville (SHU) (Ribeiro et al., 2018; Martinez et al., 2021). Além disso, é rica em compostos bioativos, como carotenóides, compostos fenólicos, cálcio, ferro, vitaminas A e C, que conferem propriedades antioxidantes, anti-inflamatórias e cardioprotetoras, ajudando a prevenir doenças crônicas (Baenas et al., 2019; Rosário et al., 2021). Devido ao seu sabor

apreciado e compostos promotores da saúde, a pimenta biquinho tem sido consumida *in natura* ou processada como geleias, pastas e pickles (Martinez et al., 2021).

A produção de pimenta biquinho depende de fatores como clima, nutrientes e manejo da irrigação (Ávila Silva et al., 2019; Diel et al., 2020; Bione et al., 2023). A alta concentração de sais em água de irrigação, como comumente observado na região Nordeste do Brasil, é um dos principais desafios enfrentados pelo setor agrícola (Nadarajah, 2020; Bione et al., 2021). No desenvolvimento inicial, foram relatadas condutividades elétricas de 1,55 dS m⁻¹ na água de irrigação que prejudicam o crescimento da pimenta biquinho cultivada no solo (Sá et al., 2019). Nesse sentido, sob condições hidropônicas testando condutividades elétricas de água de 2,70 a 7,77 dS m⁻¹, a sensibilidade da pimenta biquinho variou de acordo com a fase fenológica, com diminuição linear no crescimento das plantas em fases iniciais, e aumento da tolerância durante a fase reprodutiva (Cova et al., 2022). Além disso, a fase fenológica e a condutividade elétrica também afetam a eficiência do uso da água nessa espécie (Bione et al., 2023). O limiar de salinidade para a produção de frutos foi de 5,22 dS m⁻¹, no qual a produção de frutos abaixo (2,70 dS m⁻¹), moderada (4,58 dS m⁻¹) e salinidade grave (7,77 dS m⁻¹), correspondeu a 2,9, 3,2 e 0,151 kg por planta, respectivamente (Bione et al., 2021). Além disso, a salinidade até 6 dS m⁻¹ é relatada para induzir alterações anatômicas na pimenta biquinho, aumentando a espessura epidérmica e diminuindo o diâmetro do feixe vascular (Bezerra et al., 2024). Apesar das informações sobre os efeitos da salinidade no crescimento e rendimento da pimenta biquinho, seus mecanismos de defesa são pouco estudados.

A defesa das plantas contra a salinidade inclui diversos mecanismos, tais como ajustes fenológicos, hidrotropismo radicular e halotropismo, osmoregulação, compartimentalização e extrusão de sódio, e a indução de defesas antioxidantes para ROS (Zhou et al., 2024). Essas respostas de defesa são desencadeadas por vias de sinalização moduladas por estímulos elétricos, mensageiros secundários e hormônios vegetais, como etileno, auxina e ABA (Bisht e Chhabra 2024; Yu et al., 2024; Zhou et al., 2024).

O metil jamonato (MeJa) é um hormônio vegetal amplamente reconhecido por seu papel nas respostas de defesa das plantas contra restrições bióticas (Wei et al., 2021). Nos últimos anos, seu envolvimento em tolerância de restrições abióticas, particularmente salinidade, ganhou cada vez mais atenção. Sob condições salinas, MeJa contribui para melhorar o desempenho das plantas, modulando os principais processos fisiológicos. Isso inclui melhorar a eficiência fotossintética, regular a condutância estomática e a

manutenção do equilíbrio iônico celular (Ali e Baek 2020). MeJa também promove o crescimento das raízes, facilitando a captação de água e nutrientes sob condições salinas. Além disso, desempenha um papel crítico na ativação do sistema de defesa antioxidante, reduzindo assim o dano oxidativo induzido pela salinidade (Lopes et al., 2024).

Essas ações posicionam a aplicação de MeJa como uma ferramenta promissora para melhorar a resiliência das plantas à salinidade. Nenhuma informação está disponível para respostas de defesa do sal ou tolerância em pimenta biquinho; no entanto, a tolerância na pimenta habanero, outra variedade de *C. chinense*, pode variar de acordo com a cultivar, com cultivares tolerantes induzindo o acúmulo de prolina e compartimentação de sódio (Bojórquez-Quintal et al., 2014). Em relação à qualidade dos frutos, a salinidade é relatada para alterar a concentração de pigmentos, açúcares, sólidos solúveis, capsaicídeos, compostos fenólicos e ácidos orgânicos, com os efeitos altamente variando de acordo com a parte da fruta, espécie, genótipos e salinidade (Rathnayaka et al., 2021; Zamljen et al., 2022). Da mesma forma, MeJa também tem sido relatado para modular a qualidade dos frutos em outras espécies de *Capsicum*, aumentando a estabilidade da membrana e as concentrações de compostos voláteis, alterando também a composição lipídica (Ma et al., 2020; Magalhães et al., 2021). Embora estudos anteriores tenham demonstrado a eficácia do MeJa na mitigação da salinidade em várias espécies de plantas, seu impacto na pimenta *Capsicum chinense* 'biquinho' permanece inexplorado. Dado o valor econômico e nutricional desta espécie, é crucial entender o potencial do MeJa em aumentar sua resiliência à salinidade. Nós levantamos a hipótese de que MeJa pode mitigar os efeitos induzidos pelo sal na pimenta biquinho, melhorando a eficiência fotossintética, reduzindo os danos oxidativos e, assim, preservando tanto a produção de frutos quanto à qualidade. Este estudo tem como objetivo preencher essa lacuna no conhecimento investigando o potencial do MeJa para aliviar os efeitos salinos na pimenta biquinho, com foco em seus efeitos no crescimento das plantas, respostas fisiológicas e características bioquímicas.

2. METODOLOGIA

2.1 Desenho Experimental

O experimento foi realizado em ambiente protegido (estufa de policarbonato) no Setor de Produção de Mudanças do Centro de Ciências Sociais e Agrícolas Humanas da Universidade Federal da Paraíba, Bananeiras, Paraíba, Brasil. Durante o experimento, as temperaturas médias máximas e mínimas do ar foram de 37,65 e 20,18 °C, e a umidade média do ar foi de 70%. Os dados climáticos foram coletados diariamente usando um termo-higrômetro digital com sensor (modelo AKSO – AK28 novo).

Foi utilizado um delineamento experimental inteiramente casualizado, em esquema fatorial de 3 × 3 (salinidade × MeJa), totalizando 9 tratamentos e 7 repetições, composto por uma planta por vaso. As concentrações de sal corresponderam 0 (sem NaCl, 0,12 dS m⁻¹), 40 mM (moderado NaCl, 4,10 dS m⁻¹) e 80 mM (severo, NaCl, 7,24 dS m⁻¹), dissolvidos na água de irrigação. Os tratamentos com MeJa corresponderam a 0 (controle), 0,1 mM e 1 mM de MeJa, aplicados às folhas. Essas concentrações foram definidas com base em testes anteriores.

2.2 Material vegetal

As sementes de pimenta biquinho (*Capsicum chinense* Jacq., cultivar ‘Iracema’, ISLA) foram semeadas em canos de polietileno contendo 200 células, preenchidos com substrato comercial (MECPLANT HORTA1 – composto de casca de pinheiro bioestabilizado, vermiculita e calcário). 27 dias após a semeadura (DAS), duas mudas foram transplantadas em vasos de polietileno com capacidade de 5 L preenchidos com substrato comercial (BIOPLANT plus - composto de turfa de esfagno, fibra de coco, casca de arroz, casca de pinheiro, vermiculita, gesso agrícola, carbonato de cálcio, magnésio, termofosfato de magnésio). Aos 15 dias após o transplante (DAT), as plantas foram desbastadas, selecionando a muda com o melhor desenvolvimento. As plantas remanescentes foram removidas, deixando uma planta por vaso. As plantas foram adubadas aos 15 DAT e no início da floração com uma mistura granulada de 5 g de nitrogênio, fósforo e potássio (NPK, 6-12-8), e a aplicação foi feita via fertirrigação, juntamente com a água de irrigação.

2.3 Salinidade e tratamentos com metil jasmonato

O metil jasmonato (MeJa, Sigma-Aldrich, 95%) foi diluído em água destilada contendo 0,05% de polissorbato 80 surfactante (Tween[®] 80; MilliporeSigma, MA, EUA)

para facilitar a fixação e absorção na lâmina foliar. O 0 mM de MeJa (controle) foi composto por água destilada e Tween (0,01% v/v). As concentrações de 0,1 e 1 mM de MeJa foram compostas por água destilada, MeJa e Tween (0,01% v/v). Para os tratamentos com MeJa, foram aplicados 10 mL de cada solução por planta, totalizando quatro aplicações, que foram realizadas a cada 15 dias durante 75 dias. A primeira aplicação de MeJa foi feita um dia antes do início da imposição dos tratamentos de sal, aos 15 DAT.

A água salina foi preparada por diluição de 40 ou 80 mM de NaCl na água do abastecimento do município. A condutividade elétrica da água de irrigação foi determinada, e correspondeu a 0,12 dS m⁻¹ (nenhum NaCl adicionado), 4,10 dS m⁻¹ (tratamento moderado, 40 mM NaCl) e 7,24 dS m⁻¹ (tratamento severo, 80 mM NaCl). A irrigação com água salina começou em 16 DAT, sendo realizada a cada dois dias, mantendo os vasos a 40% (301,34 mL) da capacidade de retenção do substrato. A capacidade de retenção dos vasos foi determinada uma vez por semana durante o experimento, utilizando o método de lisimetria de drenagem (Alves et al., 2017).

2.4 Crescimento das plantas e produção de frutos

Os frutos eram colhidos, contados e pesados a cada quatro dias, começando em 77 DAT e com duração de 106 DAT, totalizando 6 colheitas. Os parâmetros de crescimento foram determinados 90 dias após o início da irrigação com água salina (DAI), que correspondeu a 106 DAT e 133 DAS. A estatura da planta foi avaliada por meio de régua graduada, com valores expressos em centímetros (cm). Posteriormente, as plantas foram coletadas e divididas em folhas, caules e raízes. O número total de folhas e área foliar foi determinado pela separação e fotografia de todas as folhas de plantas individuais e analisando as imagens com o software ImageJ (Lopes et al., 2024). Para determinar a massa fresca (g), os órgãos das plantas foram imediatamente pesados, enquanto que para a massa seca (g), as partes da planta foram colocadas em sacos de papel Kraft e levadas para um forno com circulação de ar forçada a 65 °C até atingirem a massa constante. Após a secagem, as plantas foram pesadas em balança analítica de precisão (0,0001 g) para obtenção de massa seca.

2.5 Troca gasosas, índice de clorofila e fluorescência da clorofila *a*

As taxas de troca gasosa foliar foram analisadas em folhas totalmente expandidas a 105 DAT, das 8:30 às 11:00 h. Foi utilizado um analisador infravermelho portátil

(IRGA, LCpro-SD Portable Photosynthesis System, ADC BioScientific, Hoddesdon, Inglaterra) com um fluxo de ar de 300 mL min^{-1} e uma fonte de luz acoplada de $1000 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Condutância estomática (g_s , $\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), taxa líquida de assimilação de CO_2 (A , $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), evapotranspiração (E , $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), concentração interna de CO_2 (C_i , $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}$)⁻¹ eficiência de carboxilação (A/C) A mensuração da clorofila a (Chl a), clorofila b (Chl b) e dos índices totais foi realizada de forma não destrutiva, utilizando um medidor de clorofila portátil (ClorofiLOG, modelo CFL 1030, Porto Alegre, RS). Os resultados foram expressos como índices de clorofila Falker (FCI). A fluorescência a foi medida por meio de um fluorômetro modulado (OptiSciences, modelo OS-30p, Hudson, EUA), as análises foram realizadas no período da noite. Foram avaliados os pontos de curva fluorescência inicial (F_0), máximo (F_m) e variável (F_v), o rendimento quântico do fotossistema II (F_v/F_m), a atividade complexa da evolução da água (F_v/F_0) e os pontos de curva OJIP. Os dados de fluorescência a foram normalizados pelos dados do controle não tratado e expressos como diferenças relativas.

2.6 Extravasamento de eletrólitos

A determinação do extravasamento de eletrólitos (EE) foi realizada com base na metodologia de Bajji et al., (2002), com algumas modificações. Dez discos foliares (1 cm^2) foram coletados a partir de folhas totalmente desenvolvidas, sendo colocados em tubos de ensaio contendo 40 mL de água destilada e mantidos por 5 h a $25 \text{ }^\circ\text{C}$ com agitação ocasional. Após esse período, a condutividade elétrica inicial (EC_i) do extrato foi mensurada por meio de um medidor de condutividade de bancada (modelo CD-820, Instrutherm Measuring Instruments Ltda., São Paulo, Brasil). Em seguida, os tubos foram aquecidos em banho maria a $90 \text{ }^\circ\text{C}$ por duas horas. Após 2 h , os tubos foram resfriados à temperatura ambiente e a condutividade elétrica final (EC_f) do extrato foi medida. O extravasamento de eletrólitos foi então calculado como $EC_i/EC_f \times 100$ e expresso em porcentagem (%).

2.7 Açúcares totais, redutores e não redutores dos frutos

Os açúcares totais (AT) foram quantificados pelo método antrona (Yemn e Willis 1954), com $0,5 \text{ g}$ de fruto fresco homogeneizado em água destilada. O extrato foi reagido com solução de antrona, aquecido a $100 \text{ }^\circ\text{C}$, resfriado e lido a 620 nm . Açúcares redutores (AR) foi determinada seguindo Miller (1959), com adaptações: os extratos dos frutos foram misturados com reagente DNS, aquecidos a $100 \text{ }^\circ\text{C}$, resfriados, diluídos e lidos a

540 nm. Foram utilizadas curvas padrão de glicose e os resultados foram expressos em % de glicose por massa fresca. Os açúcares não redutores (ANR) foram calculados subtraindo AR da AT.

2.8 Compostos fenólicos, antocianinas e flavonoides dos frutos

Os compostos fenólicos totais foram quantificados usando o método Folin-Ciocalteu (Waterhouse, 2006). Os extratos foram preparados por diluição de 1 g de amostra em água destilada. A mistura de reação foi incubada a 40 °C e a absorvância foi medida a 765 nm. Os resultados foram expressos em mg de ácido gálico por 100 g de massa fresca. As antocianinas e os flavonoides foram determinados através de espectrofotômetro como descrito por Francis (1982). O fruto fresco (0,1 g) foi extraído em etanol:HCl (85:15, v/v) por 24h. A absorção foi lida em 535 nm (antocianinas) e 374 nm (flavonoides), e as concentrações foram calculadas usando coeficientes de extinção específicos (Lees e Francis, 1971; Francis 1982), com resultados expressos em mg 100 g⁻¹ massa fresca.

2.9 Análise dos dados

Os dados foram testados quanto à normalidade (Shapiro-Wilk) e homogeneidade (Levene) e, em seguida, submetidos à análise de variância (ANOVA). Quando foram encontrados efeitos significativos ($P \leq 0,05$), foi realizada uma comparação das médias (teste de Tukey, $P \leq 0,05$). Para as variáveis de fluorescência de clorofila *a*, foi realizado um teste pareado para comparar médias (teste de Duncan, $P \leq 0,05$). Foi realizada análise de componentes principais para estudar a inter-relação entre variáveis e fatores. O programa estatístico R (R Core Team, 2021) foi utilizado para realizar todas as análises estatísticas.

3. RESULTADOS

A salinidade restringiu o crescimento das plantas de pimenta biquinho (Fig. 1a), com ambas as concentrações de sal induzindo o aborto floral e impedindo completamente a produção de frutos. Em relação ao crescimento das plantas, o tratamento severo (80 mM NaCl) resultou nos menores valores de altura da planta, área foliar, número de folhas e massa fresca e seca da planta; para a altura de planta a aplicação de 0.1 de MeJa reverteu os efeitos da salinidade no tratamento moderado (40 mM NaCl) para altura da planta e área foliar (Fig. 1d-e). Comparado às plantas não tratadas (0 mM MeJa), 0,1 mM MeJa resultou em maior altura da planta e área foliar sob 0 e 40 mM NaCl, enquanto nenhum

efeito foi encontrado sob o tratamento severo (80 mM NaCl) (Fig. 1d e e). A maior concentração de MeJa (1 mM), por sua vez, diminuiu a altura das plantas não tratadas, diminuindo também o número de folhas e a massa fresca foliar sob 40 mM de NaCl (Fig. 1b, d e f). Por outro lado, 1 mM de MeJa aumentou o número de folhas nas plantas não tratadas, em comparação com 0 e 0,1 mM de MeJa (Fig. 1f).

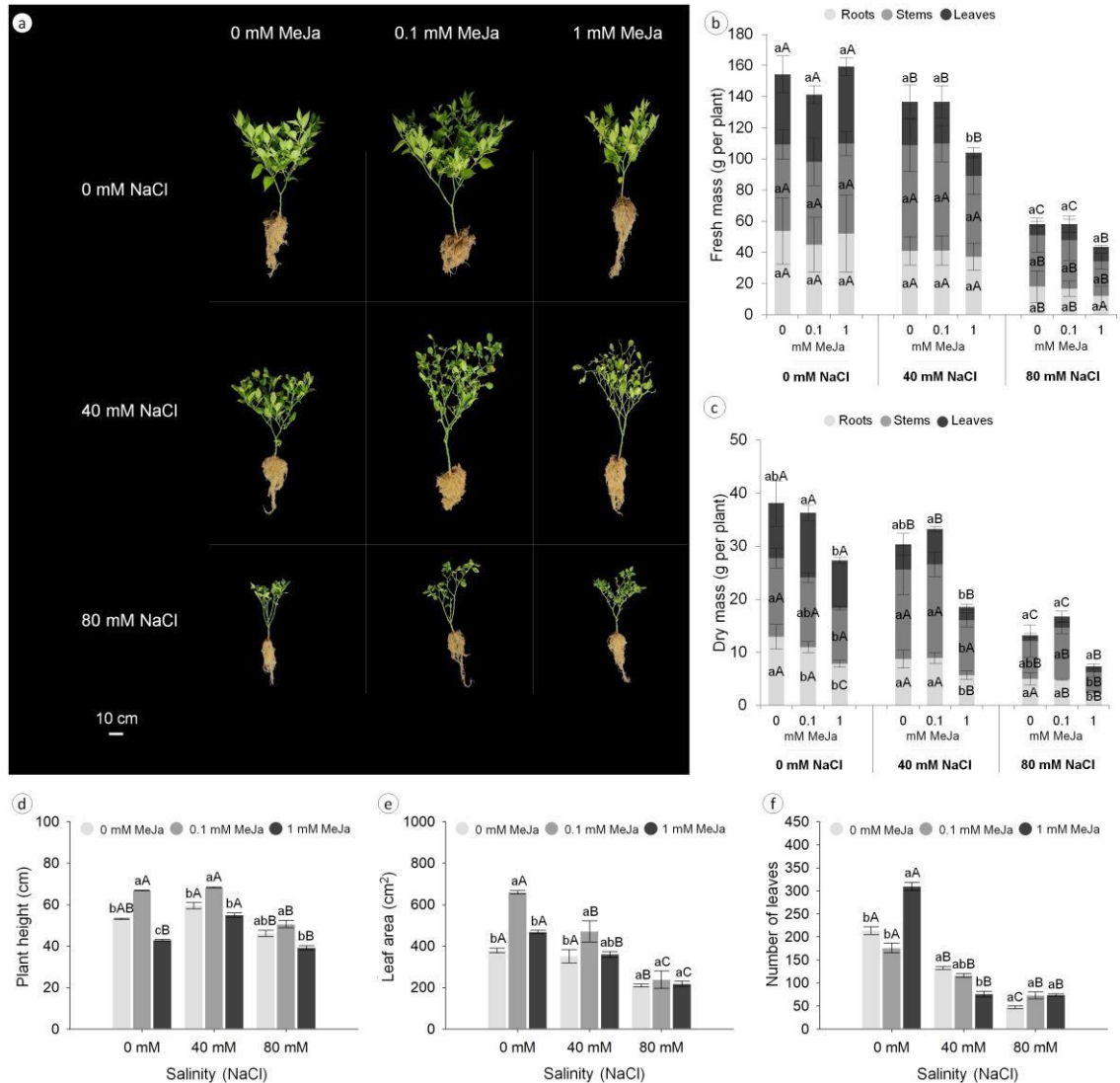


Figura 1. Fenótipo, biomassa e parâmetros de crescimento de plantas de pimenta biquinho (*C. chinense*) com 133 dias de idade irrigadas com água salina (0, 40 e 80 mM NaCl) e tratadas com metil jasmonato (0, 0,1 e 1 mM MeJa). Imagens de plantas representativas (a); massa fresca (b); massa seca (c); altura da planta (d); área foliar (e); número de folhas (f). Os valores representam médias \pm erro padrão ($n = 7$). Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem (teste de Tukey; $P > 0,05$). Letras minúsculas comparam os tratamentos com MeJa dentro de cada concentração de sal, e letras maiúsculas comparam as concentrações de NaCl dentro de cada concentração de MeJa.

Como as plantas tratadas com sal não produziram frutos, foram analisados apenas os efeitos do MeJa sobre o número de frutos e a massa total de frutos (Fig. 2; Tabela 1). O número de frutos não foi afetado pelas doses de MeJa, enquanto a massa total de frutos foi ligeiramente reduzida pela aplicação de ambas as concentrações de MeJa (Fig. 2a e b). Em relação às colheitas individuais, houve diferenças entre os tratamentos com MeJa apenas na quinta colheita, com ambas as concentrações resultando em menor número de frutos e menor massa de frutos por planta em comparação com as plantas não tratadas (Fig. 2c e d).

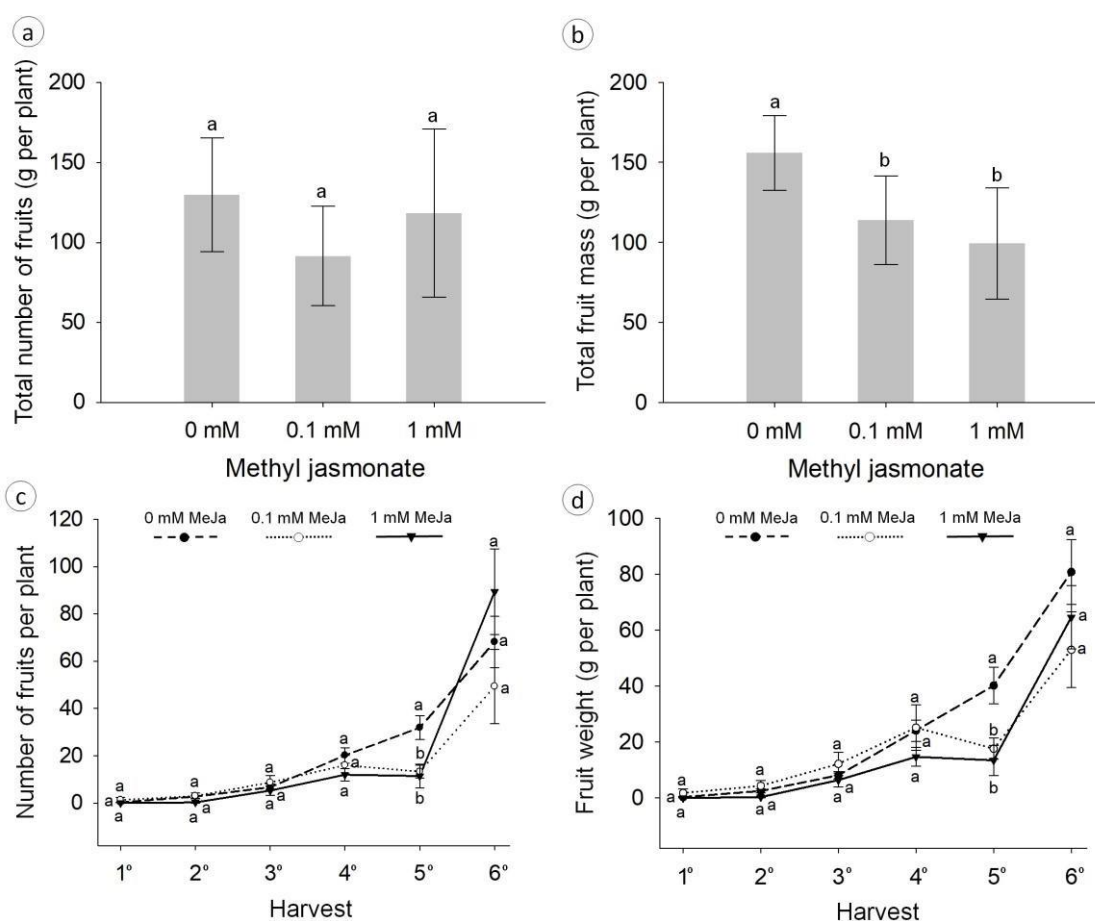


Figura 2. Produção de frutos de plantas de pimenta biquinho (*C. chinense*) tratadas com metil jasmonato (0, 0,1 e 1 mM MeJa). Os frutos foram colhidos a cada quatro dias, de 77 a 106 dias após o transplante, totalizando 6 colheitas. Número total de frutos (a); Massa total de frutos (b); Número de frutos por planta por colheita (c); Massa de frutos por planta por colheita (d). Os valores representam médias \pm erro padrão ($n = 7$). Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas não diferem (teste de Tukey; $P > 0,05$). A salinidade impediu completamente a frutificação, portanto, nenhum dado de produção de frutos foi apresentado.

Houve interação significativa entre salinidade e MeJa para *A*, *E*, *Ci* e WUE, enquanto nenhuma interação foi observada para *gs* e *iWUE* e, portanto, apenas os efeitos dos fatores isolados foram apresentados nas figuras (Fig. 3a-h). Todas as concentrações de salinidade e MeJa aumentaram *gs* em comparação com plantas não tratadas e não tratadas (Fig. 3a e b). A salinidade aumentou *E*, diminuindo assim WUE e *iWUE*, enquanto não afetou *A* e *Ci* (Fig. 3c-h). O tratamento de 0,1 mM MeJa resultou nos maiores valores de *A* sob NaCl moderado e severo (Fig. 3c). Sob salinidade moderada (40 mM NaCl) e severa (80 mM NaCl), não houve diferença em WUE independentemente da concentração de MeJa (Fig. 3f), enquanto ambos os tratamentos com MeJa reduziram *iWUE* (Fig. 3g e h).

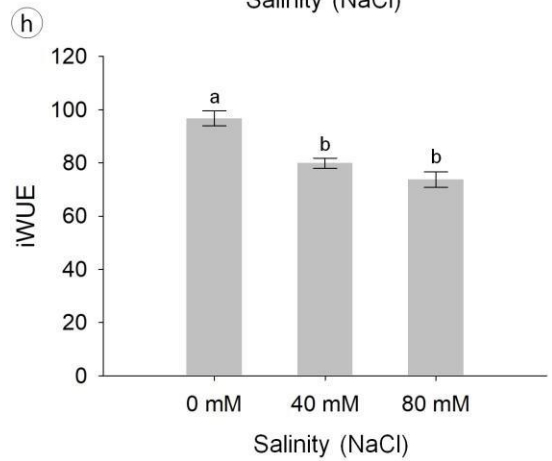
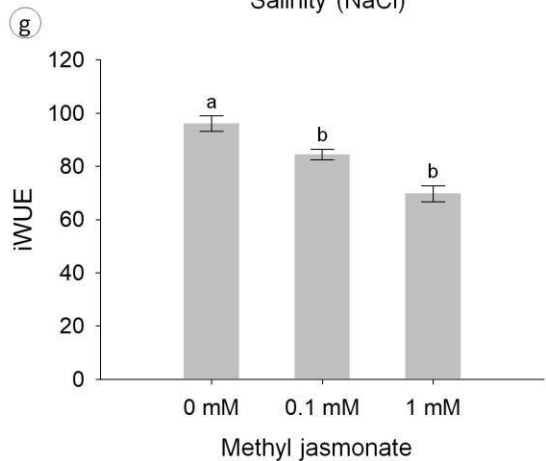
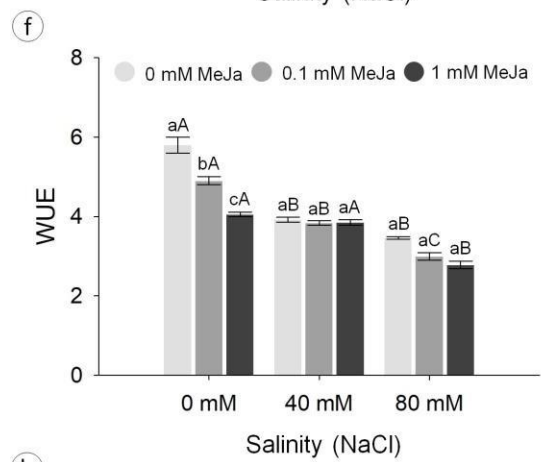
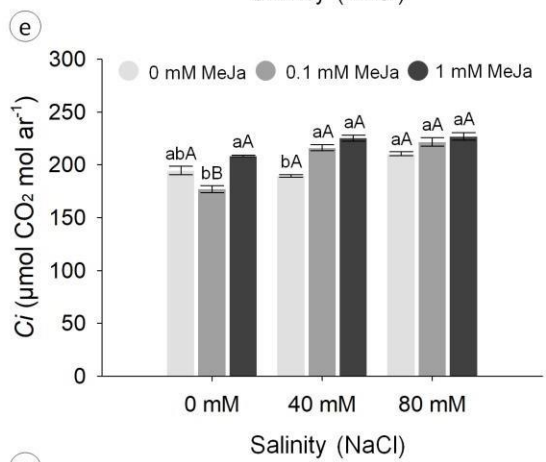
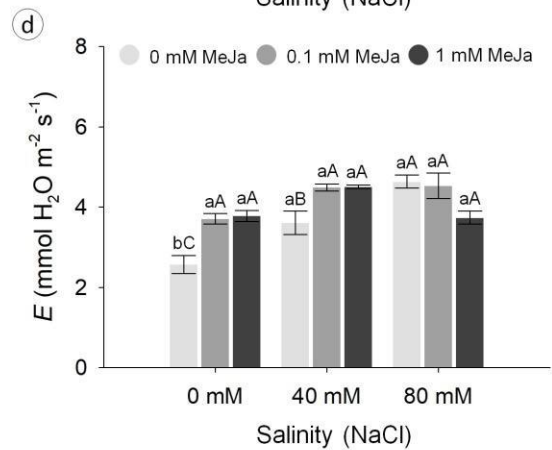
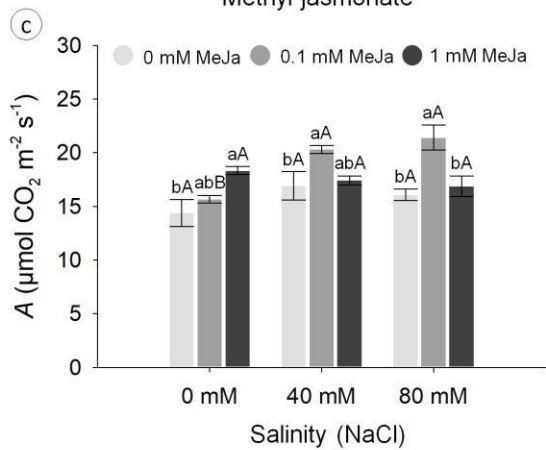
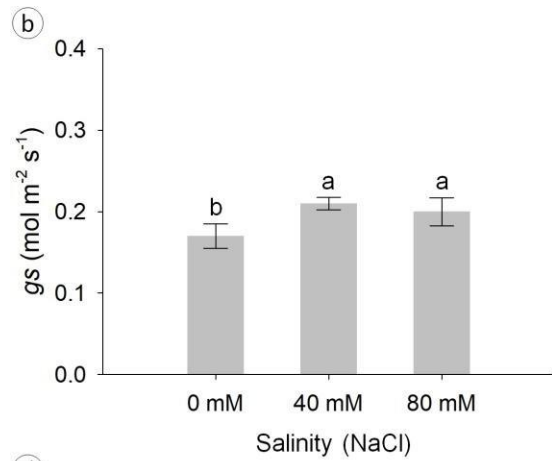
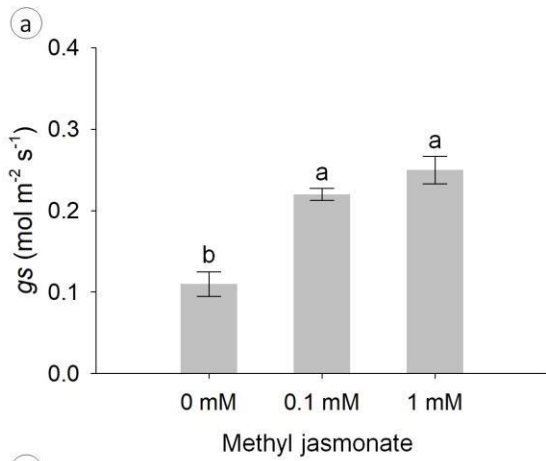


Figura 3. Taxas de troca gasosa foliar de plantas de pimenta biquinho (*C. chinense*) irrigadas com água salina (0, 40 e 80 mM NaCl) e tratadas com metil jasmonato (0, 0,1 e 1 mM MeJa) 105 dias após o transplante. Condutância estomática (a e b); taxa de assimilação líquida de CO₂ (c); evapotranspiração (d); concentração interna de CO₂ (e); eficiência do uso da água (f); e eficiência intrínseca do uso da água (g e h). Os valores representam médias ± erro padrão (n = 7). Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem (teste de Tukey; P > 0,05). Letras minúsculas comparam os tratamentos com MeJa dentro de cada concentração de sal, e letras maiúsculas comparam as concentrações de NaCl dentro de cada concentração de MeJa.

Ambas as concentrações de sal diminuíram o índice de clorofila *b* e aumentaram o extravasamento de eletrólitos em comparação com plantas não tratadas, enquanto nenhuma diferença foi encontrada para o índice de clorofila *a* (Fig. 4a e c). MeJa a 0,1 mM aumentou o índice de clorofila *a* em plantas não tratadas e tratadas com NaCl a 40 mM, também aumentando o índice de clorofila *b* independentemente da salinidade (Fig. 4a e b). Além disso, 0,1 mM de MeJa diminuiu o extravasamento de eletrólitos sob todas as concentrações de sal em comparação com plantas não tratadas (0 mM de MeJa). Por outro lado, a maior concentração de MeJa (1 mM) aumentou o extravasamento de eletrólitos sob salinidade severa, também diminuindo o índice de clorofila *b* em comparação com plantas não tratadas (Fig. 4b e d).

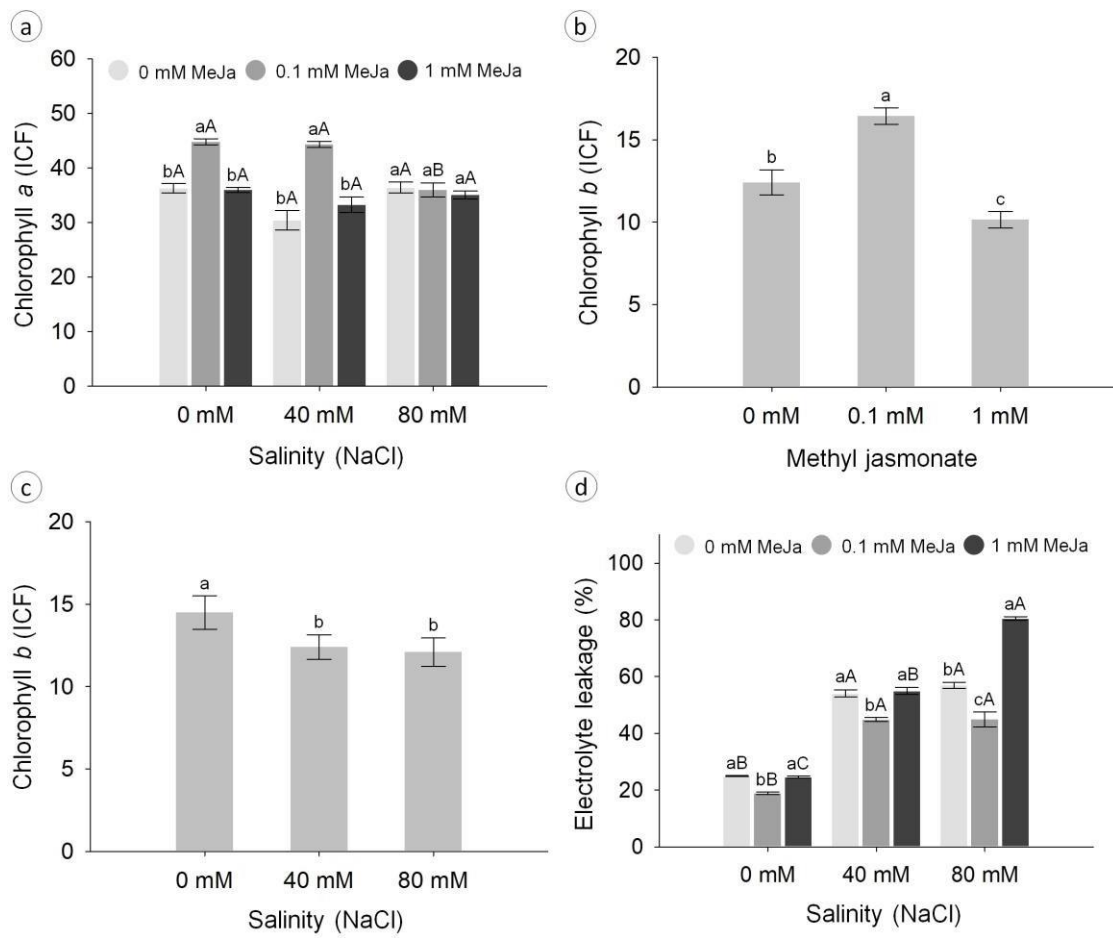


Figura 4. Índice de clorofila e extravasamento de eletrólitos em plantas de pimenta biquinho (*C. chinense*) irrigadas com água salina (0, 40 e 80 mM NaCl) e tratadas com metil jasmonato (0, 0,1 e 1 mM MeJa) 105 dias após o transplante. CIF: Índice de clorofila de Falker. Os valores representam médias \pm erro padrão ($n = 7$). Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem (teste de Tukey; $P > 0,05$). Letras minúsculas comparam os tratamentos com MeJa dentro de cada concentração de sal, e letras maiúsculas comparam as concentrações de NaCl dentro de cada concentração de MeJa.

As diferenças relativas nos parâmetros de fluorescência da clorofila *a* mostraram que a maioria das variáveis analisadas em plantas de pimenta biquinho foram influenciadas pelos tratamentos (Fig. 5). Em plantas com 0 mM de NaCl, ambos os tratamentos com MeJa aumentaram os valores de J, I e P, enquanto 1 mM também aumentou O e diminuiu F_v/F_0 (Fig. 5a). Sob NaCl moderado (40 mM), os tratamentos com MeJa aumentaram I e reduziram F_0 , F_m e O (Fig. 5b). Sob NaCl severo (80 mM), por sua vez, as diferenças foram mais pronunciadas, com os tratamentos com MeJa diminuindo fortemente O, J, P, F_0 e F_m (Fig. 5c). Em plantas não tratadas (0 mM de MeJa), a salinidade aumentou I e F_v/F_0 , enquanto diminuiu O, P, F_0 e F_m , com 80 mM de NaCl

causando as mudanças mais fortes (Fig. 5d). Em plantas tratadas com 0,1 mM de MeJa, o NaCl moderado reduziu O, I, F_0 e F_m , e o NaCl severo reduziu O, J, P e F_0 ; enquanto plantas não tratadas com MeJa 0,1 mM apresentaram padrões opostos, aumentando J, I e P (Fig. 5e). Finalmente, uma resposta semelhante foi observada sob o tratamento com 1 mM de MeJa, com a salinidade diminuindo O, J, P e F_0 , enquanto o MeJa sozinho resultou em um padrão oposto, aumentando O, J, I e P, e até mesmo diminuindo F_v/F_0 (Fig. 5f). Apesar das diferenças nos padrões de fluorescência da clorofila *a*, nenhum dos tratamentos alterou F_v/F_m .

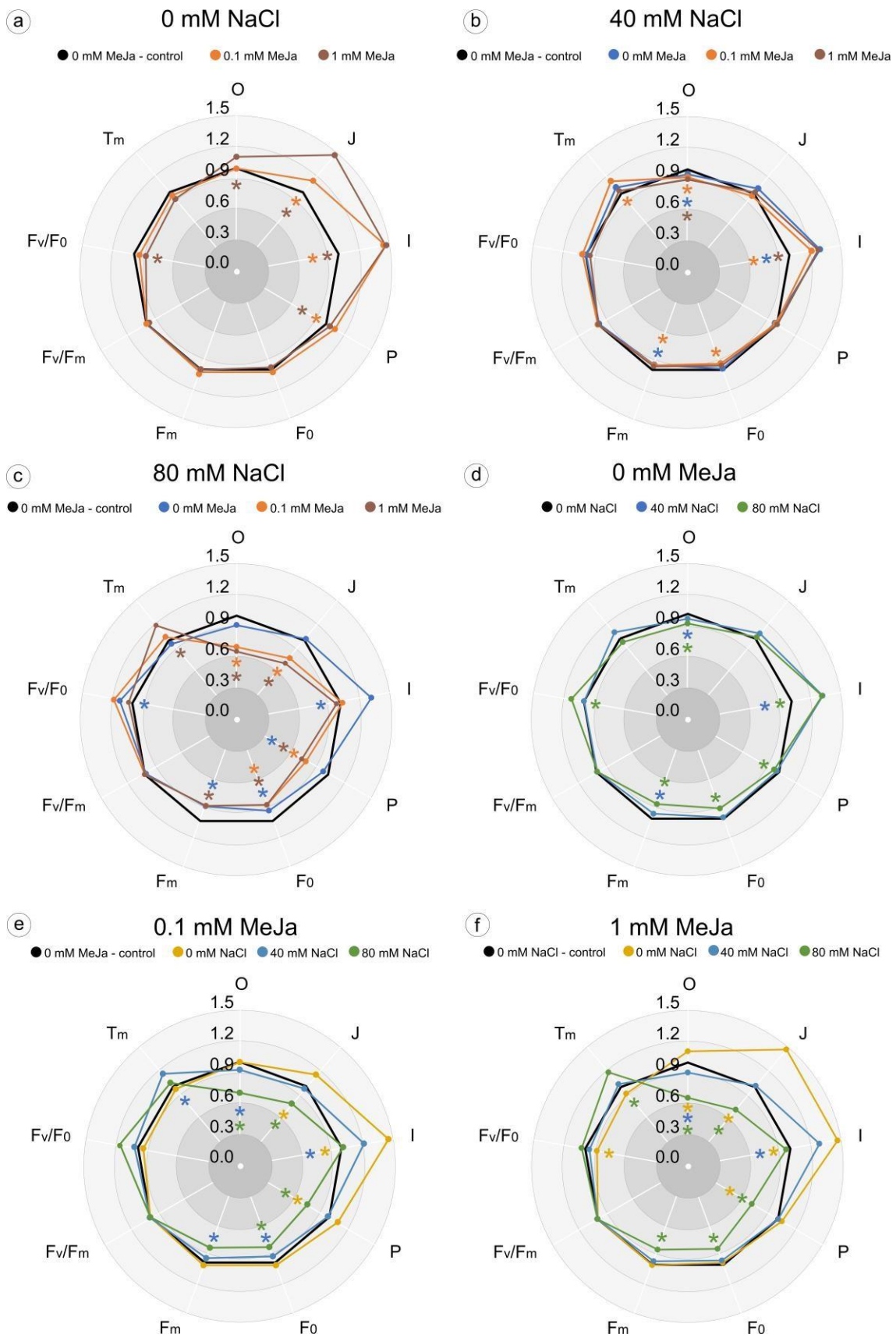


Figura 5. Gráficos de radar para fluorescência da clorofila a de plantas de pimenta-biquinho (*C. chinense*) irrigadas com água salina (0, 40 e 80 mM NaCl) e tratadas com

metil jasmonato (0, 0,1 e 1 mM MeJa) 105 dias após o transplante. Os valores representam médias \pm erro padrão ($n = 7$). Os dados foram normalizados em relação aos valores obtidos para plantas não estressadas (0 mM NaCl) e não tratadas (0 mM MeJa) para representar as diferenças relativas. Fluorescência inicial (F_0), fluorescência máxima (F_m), fluorescência variável (F_v), o rendimento quântico do fotossistema II (F_v/F_m), a atividade complexa da evolução da água (F_v/F_0), tempo para atingir F_m (T_m) fluorescência basal da clorofila a adaptada ao escuro (O), resposta ao fechamento dos centros de reação do fotossistema II - PSII (J), ponto máximo de fluorescência em resposta ao acúmulo de elétrons em PSII (I) e ponto máximo de fluorescência após a redução do acceptor final de elétrons de PSII (P). Os tratamentos foram desdobrados para facilitar a visualização. Os asteriscos indicam diferenças entre tratamentos e condições em relação ao controle não estressado e não tratado (0 mM MeJa e 0 mM NaCl) por meio do teste de Duncan ($P \leq 0,05$).

As plantas submetidas à salinidade não produziram frutos, e apenas as plantas não tratadas (0 mM NaCl) e tratadas com MeJa foram consideradas para análise (Fig. 6). A concentração de antocianina nos frutos foi reduzida quando tratada com 0,1 mM de MeJa em comparação com as plantas não tratadas, enquanto atingiu os maiores valores quando tratada com 1 mM de MeJa (Fig. 6b). Os compostos fenólicos não apresentaram diferença significativa, independentemente da dose de MeJa (Fig. 6c). As maiores concentrações de açúcares totais, açúcares redutores e sólidos solúveis foram alcançadas em plantas tratadas com 1 mM de MeJa, enquanto 0,1 mM apenas aumentou os sólidos solúveis em comparação com o controle (Fig. 6d-f).

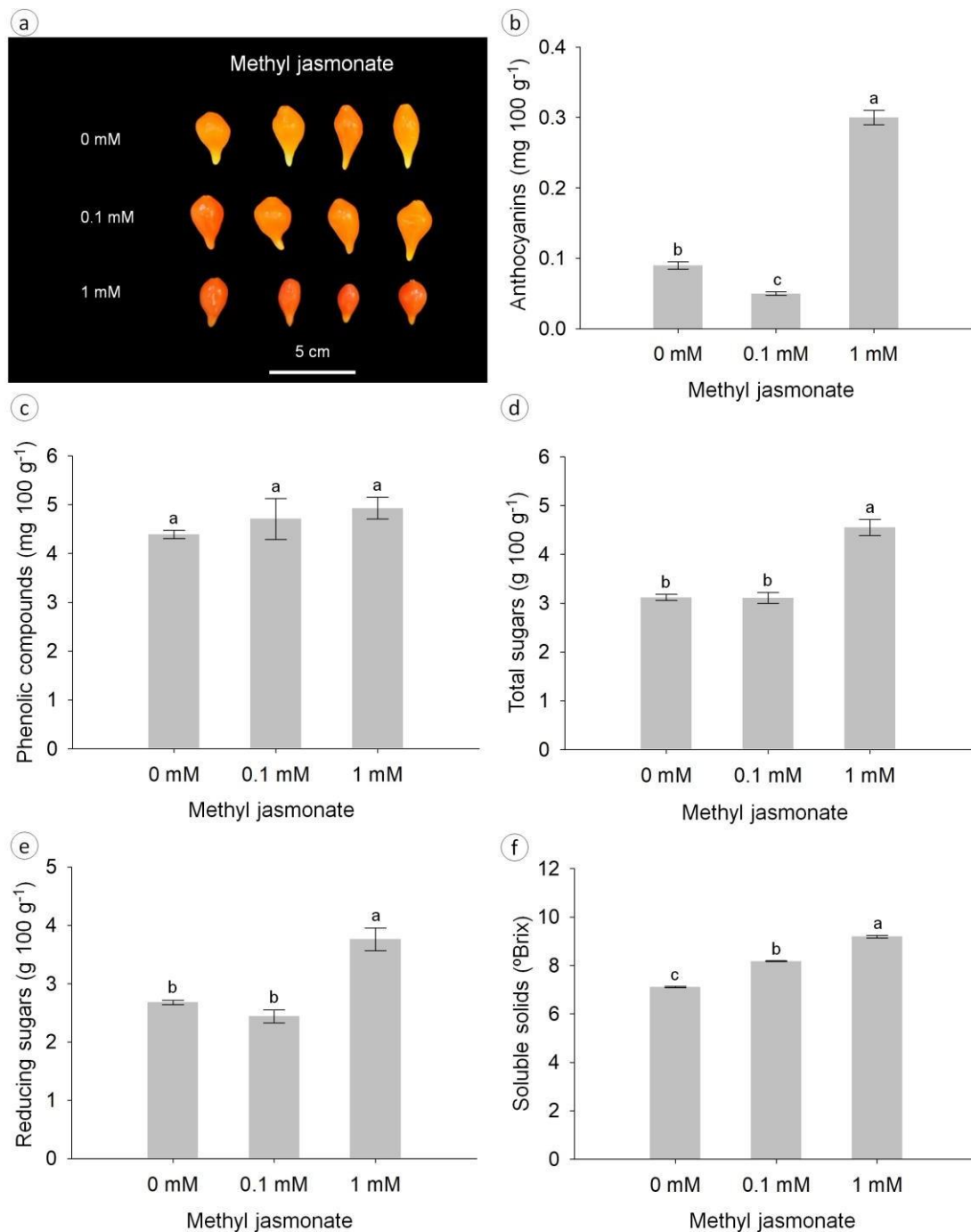


Figura 6. Análise pós-colheita de frutos de pimenta biquinho (*C. chinense*) tratados com metil jasmonato (0, 0,1 e 1 mM de MeJa). As condições salinas impediram completamente a formação de frutos, portanto, não foram apresentados dados sobre a qualidade dos frutos. Aspecto visual dos frutos (a); antocianinas totais (b); compostos fenólicos (c); açúcares totais (d); açúcares redutores (e); sólidos solúveis (f). Os valores representam médias \pm erro padrão ($n = 7$). Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas não diferem (teste de Tukey; $P > 0,05$).

Uma análise de componentes principais foi realizada para entender a relação entre os fatores estudados, sendo que os dois primeiros componentes explicaram 70,8% da variância total (Fig. 7). A massa seca foliar (MSF), a massa fresca foliar (MFF) e a eficiência do uso da água (WEA) apresentaram alta relação com os tratamentos 0 NaCl - 0,1 MeJa e 0 NaCl-0 MeJa (Fig. 7 - Grupo 1). Antocianinas (Ant), açúcares redutores (AR), número de folhas (NF), açúcares totais (AT), massa seca do caule (MSC), massa fresca da raiz (MFR), massa seca da raiz (MSR), massa fresca do caule (MFC), sólidos solúveis (SS), compostos fenólicos (CF), rendimento quântico máximo de PSII (F_v/F_m), fluorescência máxima de clorofila *a* (F_m), fluorescência mínima de clorofila *a* (F_0), fluorescência basal da clorofila *a* adaptada ao escuro (O), resposta ao fechamento dos centros de reação do fotossistema II - PSII (J), ponto máximo de fluorescência em resposta ao acúmulo de elétrons em PSII (I) e ponto máximo de fluorescência após a redução do acceptor final de elétrons de PSII (P) foram altamente relacionados ao tratamento 0 NaCl - 1 MeJa (Fig. 7 - Grupo 2). Clorofila *a*, clorofila *b*, altura da planta (H), flavonoides (Fla) e eficiência intrínseca do uso da água (iWUE) foram altamente relacionados aos tratamentos 40 NaCl - 0 MeJa e 40 NaCl - 0,1 MeJa (Fig. 7 - Grupo 3). A taxa de assimilação de carbono (*A*) e a condutância estomática (*gs*) foram altamente relacionadas ao tratamento 40 NaCl - 1 MeJa (Fig. 7 - Grupo 4). Evapotranspiração (*E*), concentração interna de CO₂ (*Ci*), extravasamento de eletrólitos (EE), área foliar (AF) e tempo para atingir F_m (T_m) tiveram alta relação com os tratamentos 80 NaCl - 0 MeJa, 80 NaCl - 1 MeJa e 80 NaCl - 0,1 MeJa (Fig. 7 - Grupo 5).

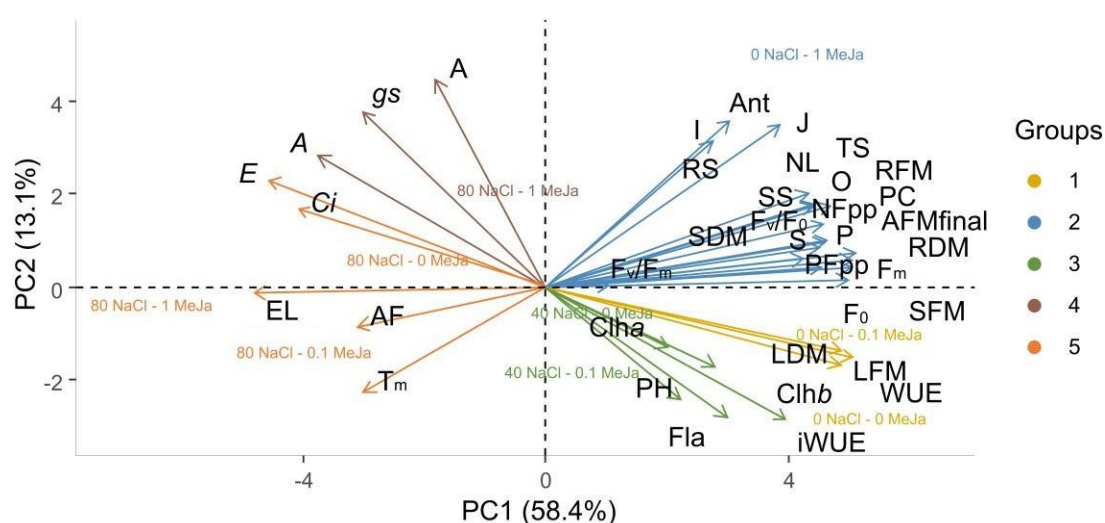


Figura 7. Análise de componentes principais de variáveis morfofisiológicas de plantas de pimenta biquinho (*C. chinense*) irrigadas com água salina (0, 40 e 80 mM NaCl) e

tratadas com metil jasmonato (0, 0,1 e 1 mM MeJa). Altura da planta (PH); número de folhas (NL); massa fresca da folha (LFM); massa fresca do caule (SFM); massa fresca da raiz (RFM); massa seca do caule (SDM); massa seca da raiz (RDM); massa seca da folha (LDM); evapotranspiração (E); condutância estomática (g_s); assimilação de CO₂ (A); concentração interna de CO₂ (C_i); clorofila a (Chl a); clorofila b (Chl b); açúcares totais (TS); açúcares redutores (RS); compostos fenólicos (PC); sólidos solúveis (SS); flavonoides (Fla); antocianinas (Ant); rendimento quântico máximo de PSII (F_v/F_m); fluorescência mínima (F₀), fluorescência máxima (F_m); razão de fluorescência variável para mínima (F_v/F_0); tempo para atingir F_m (T_m); pontos de teste JIP (O, J, I e P); extravasamento de eletrólito (EL); eficiência do uso da água (WUE); concentração interna de CO₂ (C_i); eficiência intrínseca do uso da água (iWUE); eficiência de carboxilação (iCE).

4. DISCUSSÃO

A salinidade é uma grande ameaça à agricultura, sendo uma restrição ambiental que impacta negativamente os aspectos morfológicos e fisiológicos das plantas. Esses efeitos estão relacionados aos desequilíbrios nutricionais, osmóticos e oxidativos associados à salinidade, que impactam diretamente o crescimento e o desenvolvimento das plantas, podendo, em última análise, levar à sua morte (Henschel et al., 2023; Colin et al., 2023). Distúrbios osmóticos causados pela alta concentração de sais no solo levam à redução do potencial hídrico do solo, dificultando a absorção de água pelas raízes, diminuindo o turgor celular e, conseqüentemente, reduzindo o crescimento das plantas (Arif et al., 2020). O desequilíbrio oxidativo, por sua vez, é causado pela produção excessiva de espécies reativas de oxigênio (EROs), moléculas instáveis que danificam proteínas, lipídios e ácidos nucleicos (Nadarajah 2020). A salinidade do solo também causa desequilíbrios na absorção de nutrientes, seja causando deficiência de nutrientes essenciais, seja até mesmo toxicidade devido ao acúmulo excessivo de Na⁺ e Cl⁻ nos tecidos vegetais, causando inibição do crescimento e morte celular (Zhou et al., 2024). Por outro lado, o metil jasmonato (MeJa), um hormônio vegetal conhecido por seu papel na defesa biótica e abiótica, pode induzir defesas antioxidantes, ajustes osmóticos e aumentar a taxa de assimilação de carbono, permitindo que a planta se adapte e se desenvolva em condições adversas (Gao et al., 2021). Diante da ameaça da salinidade, objetivamos investigar o potencial do MeJa na mitigação de seus efeitos nocivos em plantas de pimenta biquinho.

Aqui, os tratamentos de salinidade prejudicaram o crescimento e impactaram negativamente as variáveis fisiológicas e bioquímicas na pimenta biquinho, com os efeitos deletérios aumentando de acordo com a severidade. Como mencionado acima, a inibição do crescimento observada pode estar ligada à menor absorção de água pelas raízes, comprometendo a expansão celular. Além disso, nossos dados mostraram que o desenvolvimento foliar foi a principal característica do crescimento vegetativo afetada pela salinidade, como mostrado pelas diminuições na massa fresca e seca das folhas e no número de folhas sob ambas as concentrações de sal, enquanto o crescimento de caules e raízes foi diminuído apenas pela maior salinidade. De acordo com nossos resultados, a salinidade ($E_c > 4,60 \text{ dS m}^{-1}$) foi previamente relatada como responsável pela diminuição do número de folhas da pimenta biquinho em condições hidropônicas, enquanto a altura da planta foi reduzida por E_c acima de $5,1 \text{ dS m}^{-1}$ (Cova et al., 2022). Em relação ao crescimento reprodutivo, ambas as concentrações de sal causaram uma inibição completa da produção de frutos, devido ao aborto floral. Sabe-se que a salinidade induz a abscisão das flores ao inibir a microsporogênese e o alongamento dos estames, e ao induzir o aborto de óvulos e a morte celular programada, o que também foi relatado em pimentão e pimenta (Sun et al., 2004; Kpinkoun et al., 2019; Orosco-Alcalá et al., 2021). A inibição completa da produção de frutos observada aqui difere de outros estudos que relataram uma forte inibição da produção de frutos sob salinidade severa ($7,77 \text{ dS m}^{-1}$), enquanto plantas sob salinidade moderada ($4,58 \text{ dS m}^{-1}$) apresentaram uma produção semelhante à de plantas não tratadas (Bione et al., 2021). Aqui, mesmo o tratamento moderado ($4,10 \text{ dS m}^{-1}$) impediu completamente a produção de frutos das plantas de biquinho, sendo essas diferenças provavelmente relacionadas às diferentes condições de crescimento e cultivares utilizadas.

A aplicação de MeJa, por sua vez, reverteu parcialmente os efeitos deletérios da salinidade no crescimento das plantas, com $0,1 \text{ mM}$ de MeJa aumentando a altura e a área foliar das plantas sob 40 mM de NaCl, mas não sob 80 mM de NaCl. No entanto, esse tratamento não afetou a massa fresca e seca das plantas, enquanto a maior concentração de MeJa (1 mM) diminuiu a massa seca de folhas, caules e raízes. Essa diminuição causada pela maior concentração de MeJa na ausência de condições limitantes e sob condições moderadas pode estar relacionada a respostas de compensação entre crescimento e defesa (Lee e Zwiazek 2019), nas quais a energia direcionada às defesas antioxidantes e à osmorregulação torna-se indisponível para o crescimento das plantas (Gao et al., 2021). Além disso, foi relatado anteriormente que MeJa inibe o crescimento

de outras espécies, incluindo a halófito *Nitraria tangutorum*, ao reprimir os hormônios relacionados ao crescimento, como giberelinas e citocininas (Gao et al., 2021), com a inibição do crescimento sendo mais pronunciada sob altas concentrações de MeJa (Li et al., 2018; Henschel et al., 2023). Isso está de acordo com a análise de componentes principais, onde todas as plantas tratadas com 80 mM de NaCl, independentemente do tratamento com MeJa, foram agrupadas, sendo positivamente relacionadas ao extravasamento de eletrólitos e negativamente correlacionadas aos parâmetros de crescimento. Por outro lado, 0,1 mM de MeJa foi positivamente correlacionado aos parâmetros de crescimento, confirmando a eficácia desse tratamento na atenuação dos efeitos da salinidade no crescimento vegetativo de plantas de pimenta biquinho. Essas descobertas apontam para a importância de escolher a concentração adequada de MeJa para induzir respostas de defesa, evitando restrições de crescimento, também na pimenta biquinho.

Apesar do potencial de 0,1 mM de MeJa em atenuar as restrições de crescimento vegetativo induzidas por salinidade moderada na pimenta biquinho, não foi possível prevenir o aborto floral causado pela salinidade. Além disso, ambas as concentrações de MeJa reduziram ligeiramente a massa total dos frutos. Relatos sobre os efeitos de MeJa na produção de frutos de pimenta são escassos, com a maioria dos estudos focando em atributos pós-colheita (Seo et al., 2020; Magalhães et al., 2021), e nenhum estudo avaliando os efeitos de MeJa na pimenta biquinho. Por outro lado, foi relatado que MeJa aumenta a produtividade de frutos em tomate (Baek et al., 2021), enquanto em morango o aumento na massa de frutos variou de acordo com a cultivar (Giné-Bordonaba e Terry 2016). A diminuição na produção de frutos observada aqui também aponta para respostas de compensação, pois, apesar da menor produção, as plantas tratadas com MeJa apresentaram maior altura da planta, área foliar e número de folhas em condições não limitantes. Além disso, frutos de plantas tratadas com MeJa exibiram maiores concentrações de antocianinas, açúcares e sólidos solúveis, o que pode estar associado a respostas de defesa aprimoradas. Isso corrobora a ideia de um *trade-off* entre crescimento e defesa, bem como entre alocação de biomassa vegetativa e reprodutiva — um efeito também observado em outras espécies (Giné-Bordonaba e Terry 2016; Havko et al., 2016). Essas mudanças refletem o papel amplo do MeJa como um sinal bioquímico que modula não apenas as respostas de defesa, mas as principais vias metabólicas envolvidas na biossíntese e no acúmulo de metabólitos secundários (Ho et al., 2020; Wang et al., 2021). MeJa pode induzir a expressão de genes relacionados à biossíntese de

antocianinas, sendo também relatado na modulação do metabolismo de carboidratos, promovendo o acúmulo de açúcares e sólidos solúveis (Reyes-Díaz et al., 2016; Yu et al., 2016; Lopes et al., 2024). Esses compostos são importantes não apenas para o armazenamento de energia, mas também para a regulação osmótica e como intermediários em reações metabólicas. Esses efeitos corroboram o estudo de Lopes et al. (2024), que mostrou que a aplicação de MeJa aumentou as concentrações de antocianinas, açúcares totais, açúcares redutores e compostos fenólicos em manjeriço roxo. Assim, a aplicação de MeJa pode desencadear respostas fisiológicas que otimizam o metabolismo secundário de plantas de biquinho, aumentando a produção de compostos protetores. Considerando que esses compostos bioativos também têm grande apelo para uso na alimentação humana, nossos resultados apontam para o papel do MeJa na melhoria da qualidade pós-colheita de frutos de pimenta biquinho em condições não limitantes. Isso foi ainda confirmado pela análise de componentes principais, na qual 1 mM de MeJa estava altamente relacionado a variáveis de qualidade do fruto, como antocianinas, açúcares e sólidos solúveis.

A fotossíntese é outro aspecto envolvido no crescimento das plantas e na produção de frutos, que também pode ser inibido pela salinidade. Apesar dos efeitos amplamente relatados da salinidade no fechamento estomático, reduzindo a difusão de CO₂ nas folhas e, conseqüentemente, diminuindo a fotossíntese (Yastreb et al., 2020; Zhao et al., 2021), aqui, ambas as concentrações de sal aumentaram a condutância estomática e a evapotranspiração, sem afetar a taxa fotossintética. No entanto, a salinidade diminuiu a eficiência do uso da água, evidenciando seu impacto nas relações hídricas e nas taxas de troca gasosa foliar. Além disso, a salinidade diminuiu o índice clorofila *b* e alterou o padrão de fluorescência da clorofila *a*, reduzindo os valores associados às fases fotoquímica (O-J) e térmica (P), bem como os parâmetros F₀ e F_m. Essas mudanças sugerem um declínio na eficiência fotossintética, provavelmente devido a danos aos complexos coletores de luz (LHC) e à integridade estrutural do fotossistema II (PSII), o que prejudica a capacidade da planta de capturar luz e realizar a fotossíntese (Kalaji et al., 2018). Isso está de acordo com o aumento nos valores de extravasamento de eletrólitos, um indicador bem conhecido da estabilidade da membrana (Demidchik et al., 2014), sugerindo que a salinidade induziu distúrbios oxidativos em plantas de pimenta biquinho, podendo ter afetado o aparato fotossintético. Tal processo está relacionado à produção excessiva de espécies reativas de oxigênio (ROS), moléculas instáveis que danificam proteínas, lipídios, ácidos nucleicos e membranas, como as que compõem os

cloroplastos (Nadarajah 2020). No entanto, a salinidade não reduziu a eficiência quântica máxima do fotossistema II (F_v/F_m), o principal indicador de eficiência fotoquímica, sugerindo que os danos ao aparato fotossintético não foram limitantes para a fotossíntese. Isso está de acordo com nossos valores de troca gasosa foliar, que não diminuíram sob salinidade. Por sua vez, 0,1 mM de MeJa aumentou a taxa fotossintética sob ambas as concentrações de sal, aumentando também a condutância estomática. Além disso, em plantas não tratadas, 1 mM de MeJa aumentou a fotossíntese, o que pode estar relacionado ao aumento de antocianinas, açúcares e sólidos solúveis em frutos de pimenta biquinho. Em relação à eficiência fotoquímica, MeJa não afetou F_v/F_m , no entanto, alterou os valores de outros parâmetros de fluorescência, o que pode explicar o aumento na taxa fotossintética causada por este tratamento. Por exemplo, MeJa aumentou o fluxo de elétrons na cadeia de transporte em plantas não tratadas e moderadamente tratadas, prolongando o tempo para atingir a fluorescência máxima (T_m) e resultando em maior atividade do complexo de divisão de água (F_v/F_0) (Ghassemi Golezani et al., 2020). Por outro lado, a maioria dos parâmetros de fluorescência foi reduzida pelo MeJa sob tratamento salino severo, indicando que, sob essa condição, o MeJa agravou até mesmo os efeitos salinos. Isso está de acordo com nossos resultados de extravasamento de eletrólitos, nos quais a combinação entre 1 mM de MeJa e 80 mM de NaCl resultou nos maiores valores, indicando danos à membrana. Nesse contexto, o alívio dos danos oxidativos por 0,1 mM de MeJa não esteve diretamente relacionado a uma maior eficiência fotoquímica, sugerindo que o MeJa pode estar aumentando principalmente a taxa fotossintética, melhorando a difusão de CO_2 e as reações bioquímicas.

4. CONCLUSÕES

O metil jasmonato modulou as respostas fisiológicas centrais da pimenta biquinho, contribuindo para o melhor desempenho da planta em condições de salinidade moderada. Sua aplicação promoveu o desenvolvimento vegetativo e melhorou os atributos de qualidade pós-colheita, ressaltando seu potencial para neutralizar os impactos das condições salinas e melhorar a qualidade geral da cultura, especialmente em ambientes favoráveis ou moderadamente adversos.

5. REFERÊNCIAS

Ali MS, Baek KH (2020) Jasmonic acid signaling pathway in response to abiotic stresses in plants. *Int J Mol Sci* 21(2):621. <https://doi.org/10.3390/ijms21020621>

Alves ES, Lima DF, Barreto JA, dos Santos DP, dos Santos MA (2017) Determinação do coeficiente de cultivo para a cultura do rabanete através de lisimetria de drenagem. *Irriga* 22:194–203. <https://doi.org/10.15809/irriga.2017v22n1p194-203>

Arif Y, Singh P, Siddiqui H, Bajguz A, Hayat S (2020) Salinity induced physiological and biochemical changes in plants: an omic approach towards salt stress tolerance. *Plant Physiol Biochem* 156:64–77. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2020.08.042>

Ávila Silva L, Condori-Apfata JA, Marcelino MM, Tavares AC, Raimundi SC, Martino PB, Araújo WL, Zsögön A, Sulpice R, Nunes-Nesi A (2019) Nitrogen differentially modulates photosynthesis, carbon allocation and yield related traits in two contrasting *Capsicum chinense* cultivars. *Plant Sci* 283:224–237. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2019.02.014>

Baek MW, Choi HR, Yun Jae L, Kang HM, Lee OH, Jeong CS, Tilahun S (2021) Preharvest treatment of methyl jasmonate and salicylic acid increase the yield, antioxidant activity and GABA content of tomato. *Agronomy* 11(11):2293. <https://doi.org/10.3390/agronomy11112293>

Baenas N, Belović M, Ilic N, Moreno DA, García-Viguera C (2019) Industrial use of pepper (*Capsicum annum* L.) derived products: technological benefits and biological advantages. *Food Chem* 274:872–885. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.09.047>

Bajji M, Kinet JM, Lutts S (2002) The use of the electrolyte leakage method for assessing cell membrane stability as a water stress tolerance test in durum wheat. *Plant Growth Regul* 36:61–70. <https://doi.org/10.1023/A:1014732714549>

Bezerra AC, Rodrigues MH, Dias TJ, de Azevedo CF, da Silva BL, da Costa FB, de Oliveira Sousa VF, da Silva JH, Targino VA, Henschel JM, da Silva TI (2024) Anatomical variation of *Capsicum chinense* leaves subjected to proline application and salt stress. *WRIM* 13:131–149. <https://doi.org/10.19149/wrim.v13i1-3.4926>

Bione MA, Soares TM, Cova AM, da Silva Paz VP, Gheyri HR, Rafael MR, Modesto FJ, da Anunciação SJ, das Neves BS (2021) Hydroponic production of ‘biquinho’ pepper with brackish water. *Agric Water Manag* 245:106607. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106607>

Bione MA, Cova AM, Paz VP, Santos UO, Rafael MR, Modesto FJ, Gheyi HR, Soares TM (2023) Water consumption and water use efficiency of ‘biquinho’ pepper in hydroponic cultivation with brackish water. *Cienc Rural* 53(8):e20220076. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20220076>

Bisht A, Chhabra R (2024) Biostimulants: paving way towards sustainable agriculture and food security. *Theor Exp Plant Physiol* 36:139–163. <https://doi.org/10.1007/s40626-024-00329-0>

Bojórquez-Quintal E, Velarde-Buendía A, Ku-González Á, Carillo-Pech M, Ortega-Camacho D, Echevarría-Machado I, Pottosin I, Martínez-Estévez M (2014) Mechanisms of salt tolerance in habanero pepper plants (*Capsicum chinense* Jacq.): proline accumulation, ions dynamics and sodium root-shoot partition and compartmentation. *Front Plant Sci* 5:605. <https://doi.org/10.3389/fpls.2014.00605>

Bojórquez-Quintal E, Ruiz-Lau N, Velarde-Buendía A, Echevarría-Machado I, Pottosin I, Martínez-Estévez M (2016) Natural variation in primary root growth and K⁺ retention in roots of habanero pepper (*Capsicum chinense*) under salt stress. *Funct Plant Biol* 43(12):1114–1125. <https://doi.org/10.1071/FP15391>

Colin L, Ruhnnow F, Zhu JK, Zhao C, Zhao Y, Persson S (2023) The cell biology of primary cell walls during salt stress. *Plant Cell* 35:201–217. <https://doi.org/10.1093/plcell/koac292>

Cova AM, Bione MA, Paz VP, Santos UO, Rafael MR, Modesto FJ, Gheyi HR, Soares TM (2022) Growth of “Biquinho” pepper plants under salt stress in a hydroponic system. *Environ Sci Proc* 16(1):74. <https://doi.org/10.3390/environsciproc2022016074>

Cruz JG, Silveira T, Richter V, Wagner JG, Neitzke RS, Barbieri RL, Vizzotto M (2022) Genetic variability of bioactive compounds in *Capsicum chinense*. *Food Sci Technol* 42:e123721. <https://doi.org/10.1590/fst.123721>

Demidchik V, Straltsova D, Medvedev SS, Pozhvanov GA, Sokolik A, Yurin V (2014) Stress-induced electrolyte leakage: the role of K⁺-permeable channels and involvement in programmed cell death and metabolic adjustment. *J Exp Bot* 65(5):1259–1270. <https://doi.org/10.1093/jxb/eru004>

Diel MI, Lúcio AD, Valera OV, Sari BG, Olivoto T, Pinheiro MV, Melo PJ, Tartaglia FD, Schmidt D (2020) Production of biquinho pepper in different growing seasons characterized by the logistic model and its critical points. *Cienc Rural* 50:e20190477. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20190477>

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Global map of salt-affected soils. Available at <https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/cb7247en> accessed December 12th 2024.

Flowers TJ, Munns R, Colmer TD (2015) Sodium chloride toxicity and the cellular basis of salt tolerance in halophytes. *Ann Bot* 115(3):419–431. <https://doi.org/10.1093/aob/mcu217>

Francis FJ (1982) Analysis of anthocyanins. In: P. Markakis, Eds. *Anthocyanins as Food Colors*. 181–207.

Fv SÁ, Souto LS, Paiva EP, Torres SB, Oliveira FA (2019) Initial development and tolerance of pepper species to salinity stress. *Rev Caatinga* 32(3):826–833. <https://doi.org/10.1590/1983-21252019v32n327rc>

Gao Z, Gao S, Li P, Zhang Y, Ma B (2021) Wang Y (2021) Exogenous methyl jasmonate promotes salt stress-induced growth inhibition and prioritizes defense response of *Nitraria tangutorum* Bobr. *Physiol Plant* 172:162–175. <https://doi.org/10.1111/ppl.13314>

Ghassemi-Golezani K, Hosseinzadeh-Mahootchi A, Farhangi-Abriz S (2020) Chlorophyll a fluorescence of safflower affected by salt stress and hormonal treatments. *SN Appl Sci*. <https://doi.org/10.1007/s42452-020-3133-1>

Giné-Bordonaba J, Terry LA (2016) Effect of deficit irrigation and methyl jasmonate application on the composition of strawberry (*Fragaria x ananassa*) fruit and leaves. *Sci Hortic* 199:63–70. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.12.026>

Havko NE, Major IT, Jewell JB, Attaran E, Browse J, Howe GA (2016) Control of carbon assimilation and partitioning by jasmonate: an accounting of growth–defense tradeoffs. *Plants* 5(1):7. <https://doi.org/10.3390/plants5010007>

Henschel JM, de Moura VS, Silva AM, Gomes DD, dos Santos SK, Batista DS, Dias TJ (2023) Can exogenous methyl jasmonate mitigate salt stress in radish plants? *Theor Exp Plant Physiol* 35:51–63. <https://doi.org/10.1007/s40626-023-00270-8>

Ho TT, Murthy HN, Park SY (2020) Methyl jasmonate induced oxidative stress and accumulation of secondary metabolites in plant cell and organ cultures. *Int J Mol Sci* 21(3):716. <https://doi.org/10.3390/ijms21030716>

Kalaji HM, Račková L, Paganová V, Swoczyna T, Rusinowski S, Sitko K (2018) Can chlorophyll-a fluorescence parameters be used as bio-indicators to distinguish between drought and salinity stress in *Tilia cordata* Mill? *Environ Exp Bot* 152:149–157. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2017.11.001>

Kpinkoun JK, Amoussa AM, Mensah AC, Komlan FA, Kinsou E, Lagnika L, Gandonou CB (2019) Effect of salt stress on flowering, fructification and fruit nutrients concentration in a local cultivar of chili pepper (*Capsicum frutescens* L.). *Int J Plant Physiol Biochem* 11(1):1–7. <https://doi.org/10.5897/IJPPB2019.0284>

Lee SH, Zwiazek JJ (2019) Regulation of water transport in *Arabidopsis* by methyl jasmonate. *Plant Physiol Biochem* 139:540–547. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2019.04.023>

Lees DH, Francis FJ (1971) Quantitative methods for anthocyanins: 6. Flavonols and anthocyanins in cranberries. *J Food Sci* 36(7):1056–1060. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1971.tb03345.x>

Li C, Wang P, Menzies NW, Lombi E, Kopittke PM (2018) Effects of methyl jasmonate on plant growth and leaf properties. *J Plant Nutr Soil Sci* 181(3):409–418. <https://doi.org/10.1002/jpln.201700373>

Lopes AS, Dias TJ, Henschel JM, da Silva TI, de Moura VS, Silva AM, da Silva Ribeiro JE, Neto MA, de Oliveira AB, Batista DS (2024) Methyl jasmonate mitigates salt stress and increases quality of purple basil (*Ocimum basilicum* L.). *S Afr J Bot* 171:710–718. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2024.06.039>

Ma M, Zhu Z, Cheng S, Zhou Q, Zhou X, Kong X, Hu M, Yin X, Wei B, Ji S (2020) Methyl jasmonate alleviates chilling injury by regulating membrane lipid composition in green bell pepper. *Sci Hortic* 266:109308. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109308>

Magalhães HC, Alves Filho EG, dos Santos GD, Massaretto IL, Purgatto E (2021) Effect of postharvest methyl jasmonate and ethylene treatments on the biosynthesis of volatile compounds of hot pepper fruits. *Sci Hortic* 289:110477. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110477>

Mann A, Lata C, Kumar N, Kumar A, Kumar A, Sheoran P (2023) Halophytes as new model plant species for salt tolerance strategies. *Front Plant Sci* 14:1137211. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1137211>

Martinez M, dos Santos CP, Verruma-Bernardi MR, Carrilho EN, da Silva PP, Spoto MH, Ciarrocchi IR, Sala FC (2021) Agronomic, physical–chemical and sensory evaluation of pepper hybrids (*Capsicum chinense* Jacquin). *Sci Hortic* 277:109819. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109819>

Miller GL (1959) Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *Anal Chem* 31(3):426–428. <https://doi.org/10.1021/ac60147a030>

Nadarajah KK (2020) ROS homeostasis in abiotic stress tolerance in plants. *Int J Mol Sci* 21(15):5208. <https://doi.org/10.3390/ijms21155208>

Neves TG, Gouveia DG, Pereira-Lima ÍA et al (2025) Lysine biosynthesis impairment gives cues about connection with TCA cycle intermediates in *Arabidopsis* response to salt disturbance. *Theor Exp Plant Physiol* 37:6. <https://doi.org/10.1007/s40626-024-00355-y>

Orosco-Alcalá BE, Núñez-Palenius HG, Díaz-Serrano F, Pérez-Moreno L, Valencia-Posadas M, Trejo-Tellez LI, Cruz-Huerta N, Valiente-Banuet JI (2021) Grafting improves salinity tolerance of bell pepper plants during greenhouse production. *Hortic Environ Biotechnol* 62:831–844. <https://doi.org/10.1007/s13580-021-00362-x>

R Core Team: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2021.

Rathnayaka RM, Minami M, Nemoto K, Sudasinghe SP, Matsushima K (2021) Relationship between salinity stress and the contents of sugar, glutamic acid and capsaicinoids in the fruit of chili pepper (*Capsicum* spp.). TAD 65(2):84–96. <https://doi.org/10.11248/jsta.65.84>

Reyes-Díaz M, Lobos T, Cardemil L, Nunes-Nesi A, Retamales J, Jaakola L, Alberdi M, Ribera-Fonseca A (2016) Methyl jasmonate: an alternative for improving the quality and health properties of fresh fruits. Molecules 21(6):567. <https://doi.org/10.3390/molecules21060567>

Ribeiro CS, de Carvalho SI, Heinrich AG, Reifschneider FJ (2018) BRS Tui: a new Biquinho-type pepper cultivar released by Embrapa. Horticult Bras 36:526–528. <https://doi.org/10.1590/S0102-053620180417>

Rosário VN, Chaves RP, Pires IV, Santos Filho AF, Toro MJ (2021) *Capsicum annum* e *Capsicum chinense*: características físicas físico-químicas, bioativas e atividade antioxidante. Braz J Dev 7(5):50414–50432. <https://doi.org/10.34117/bjdv.v7i5.30060>

Seo J, Yi G, Lee JG, Choi JH, Lee EJ (2020) Seed browning in pepper (*Capsicum annum* L.) fruit during cold storage is inhibited by methyl jasmonate or induced by methyl salicylate. Postharvest Biol Technol 166:111210. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2020.111210>

Sun K, Hunt K, Hauser BA (2004) Ovule abortion in *Arabidopsis* triggered by stress. Plant Physiol 135(4):2358–2367. <https://doi.org/10.1104/pp.104.043091>

Tarolli P, Luo J, Park E, Barcaccia G, Masin R (2024) Soil salinization in agriculture: mitigation and adaptation strategies combining nature-based solutions and bioengineering. iScience. <https://doi.org/10.1016/j.isci.2024.108830>

Wang SY, Shi XC, Liu FQ, Laborda P (2021) Effects of exogenous methyl jasmonate on quality and preservation of postharvest fruits: a review. Food Chem 353:129482. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129482>

Waterhouse A (2006) Folin-ciocalteu micro method for total phenol in wine. AJEV 48:357–363

Wei T, Li X, Yashir N, Li H, Sun Y, Hua L, Ren X, Guo J (2021) Effect of exogenous silicon and methyl jasmonate on the alleviation of cadmium-induced phytotoxicity in tomato plants. *ESPR* 28:51854–51864. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-14252-3>

Xiao F, Zhou H (2023) Plant salt response: perception, signaling, and tolerance. *Front Plant Sci* 13:1053699. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.1053699>

Yastreb TO, Kolupaev YE, Shkliarevskiy MA, Dyachenko AI, Dmitriev AP (2020) Involvement of jasmonate signaling components in salt stress-induced stomatal closure in *Arabidopsis thaliana*. *Cytol Genet* 54(4):318–323. <https://doi.org/10.3103/S009545272004012X>

Yemn EW, Willis AJ (1954) The estimation of carbohydrates in plant extracts by anthrone. *Biochem J* 57(3):508

Yu L, Liu H, Shao X, Yu F, Wei Y, Ni Z, Xu F, Wang H (2016) Effects of hot air and methyl jasmonate treatment on the metabolism of soluble sugars in peach fruit during cold storage. *Postharvest Biol Technol* 113:8–16. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2015.10.013>

Yu B, Chao DY, Zhao Y (2024) How plants sense and respond to osmotic stress. *J Int Plant Biol* 66(3):394–423. <https://doi.org/10.1111/jipb.13622>

Zamljen T, Zupanc V, Slatnar A (2020) Influence of irrigation on yield and primary and secondary metabolites in two chilies species *Capsicum annuum* L. and *Capsicum Chinense* Jacq. *Agric Water Manag* 234:106104. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106104>

Zamljen T, Medic A, Hudina M, Veberic R, Slatnar A (2022) Salt stress differentially affects the primary and secondary metabolism of peppers (*Capsicum annuum* L.) according to the genotype, fruit part, and salinity level. *Plants* 11(7):853. <https://doi.org/10.3390/plants11070853>

Zhao S, Zhang Q, Liu M, Zhou H, Ma C, Wang P (2021) Regulation of plant responses to salt stress. *Int J Mol Sci* 22(9):4609. <https://doi.org/10.3390/ijms22094609>

Zhou H, Shi H, Yang Y, Feng X, Chen X, Xiao F, Lin H, Guo Y (2024) Insights into plant salt stress signaling and tolerance. *J Genet Genom* 51(1):16–34.
<https://doi.org/10.1016/j.jgg.2023.08.007>

Emitido em 23/02/2026

DOCUMENTO COMPROBATÓRIO (ANEXO) Nº 0/2026 - CCHSA - CAE (11.01.38.14)
(Nº do Documento: 3)

(Nº do Protocolo: NÃO PROTOCOLADO)

(Assinado digitalmente em 23/02/2026 10:49)
MARA JANAINA NASCIMENTO CASTRO
SECRETARIO(A)
2422248

Para verificar a autenticidade deste documento entre em <https://sipac.ufpb.br/documentos/> informando seu número: **3**,
ano: **2026**, documento (espécie): **DOCUMENTO COMPROBATÓRIO (ANEXO)**, data de emissão: **23/02/2026** e
o código de verificação: **43abddff91**