

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a)
autor(a), o texto completo desta
Dissertação será
disponibilizado somente a
partir de 07/02/2026.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Instituto de Biociências – Câmpus de Botucatu/Rio Claro
Seção Técnica de Pós-Graduação



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA VEGETAL (INTERUNIDADES)

**Comunicação vegetal por meio de exsudatos fenólicos em *Zea mays*
L. exposta a salinidade em meio hidropônico.**

GINO COELHO DE SOUZA



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Instituto de Biociências – Câmpus de Botucatu/Rio Claro
Seção Técnica de Pós-Graduação



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA VEGETAL (INTERUNIDADES)

Comunicação vegetal por meio de exsudatos fenólicos em *Zea mays* *L.* exposta a salinidade em meio hidropônico.

GINO COELHO DE SOUZA

LUIZ FERNANDO ROLIM DE ALMEIDA

Dissertação apresentada ao Instituto de Biociências, Câmpus de (Botucatu), UNESP, para obtenção do título de Mestre no Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal Interunidades entre o Instituto de Biociências do câmpus de Botucatu e Instituto de Biociências do câmpus de Rio Claro.

S729c Souza, Gino
Comunicação vegetal por meio de exsudatos fenólicos em Zea mays L. exposta a salinidade em meio hidropônico. / Gino Souza. -- Botucatu, 2025
25 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Biociências, Botucatu
Orientador: Luiz Almeida

1. Compostos fenólicos. 2. Sistema radicular. 3. Infoquímicos. 4. Interação planta-planta. 5. Salinidade. I. Título.

IMPACTO POTENCIAL DESTA PESQUISA

Esta pesquisa amplia o entendimento sobre os mecanismos de comunicação entre plantas, abrindo caminho para o desenvolvimento de técnicas e estudos mais precisos no futuro. Os resultados podem ser aplicados em áreas como a agronomia, contribuindo para um manejo mais eficiente das culturas; na ecologia, ao revelar novos aspectos das interações vegetais no ambiente; e na biotecnologia, ao favorecer o aprimoramento de estratégias que utilizem a comunicação química entre plantas como ferramenta para otimizar o cultivo agrícola.

POTENTIAL IMPACT OF THIS RESEARCH

This research broadens the understanding of the mechanisms of communication between plants, paving the way for the development of more precise techniques and studies in the future. The results can be applied in areas such as agronomy, contributing to a more efficient management of crops; in ecology, by revealing new aspects of plant interactions in the environment; and biotechnology, by promoting the improvement of strategies that use chemical communication between plants as a tool to optimize agricultural cultivation.

GINO COELHO DE SOUZA

Comunicação vegetal por meio de exsudatos fenólicos em *Zea mays* L. exposta a salinidade em meio hidropônico.

Dissertação de mestrado apresentada à Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Biociências, Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Biologia Vegetal.

Área de concentração: Ecofisiologia

Data da defesa: 07/02/2025

Banca examinadora:

Prof. Dr. Luiz Fernando Rolim de Almeida
Departamento de Biodiversidade e Bioestatística / Instituto de Biociências de Botucatu - UNESP

Prof.a Dr.a GIUSEPPINA PACE PEREIRA LIMA (Participação Virtual)
Departamento de Ciências Químicas e Biológicas / Instituto de Biociências de Botucatu – UNESP

Prof.a Dr.a ANGÉLICA LINO RODRIGUES (Participação Virtual)
Departamento de Ciências e Saúde / Univeridade do Sagrado Coração – Unisagrado

Prof. Dr. FELIPE GIROTTO CAMPOS (Participação Virtual)
Departamento de Biodiversidade e Bioestatística / Instituto de Biociências de Botucatu - UNESP

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - 88881.846505/2023.1, com a bolsa iniciada em Fevereiro de 2023 e encerrada em Janeiro de 2025. Agradecimentos também a toda a verba PROEX recebida durante o período de pesquisa, ajudando a complementar e enriquecer o estudo.

O apoio do Laboratório de Química e Bioquímica Vegetal (LQBV) nas análises bioquímicas e enzimáticas foi imprescindível para o presente estudo, com menções especiais a estudante de doutorado Sinara Santana e a professora doutora Giuseppina Pace Pereira pela considerável colaboração na pesquisa.

Por fim, agradeço todo o apoio intelectual na confecção do projeto de pesquisa e na ajuda durante sua posterior implementação em casa de vegetação a Priscila Pegorin, parceira de laboratório e do mesmo programa de pós-graduação.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	10
2	OBJETIVOS.....	12
2.1	<i>Objetivo Geral.....</i>	<i>13</i>
2.2	<i>Objetivo Específico.....</i>	<i>13</i>
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	13
3.1	<i>Espécie vegetal.....</i>	<i>13</i>
3.2	<i>Localização e procedimentos.....</i>	<i>13</i>
3.3	<i>Desenho experimental.....</i>	<i>14</i>
3.4	<i>Análise do teor total de fenólicos.....</i>	<i>15</i>
3.5	<i>Análise do teor total de flavonoides.....</i>	<i>16</i>
3.6	<i>Atividade enzimática da peroxidase (POD - EC 1.11.1.7).....</i>	<i>16</i>
3.7	<i>Atividade enzimática da polifenoloxidase (PPO - EC 1.10.3.1).....</i>	<i>16</i>
3.8	<i>Análises fisiológicas.....</i>	<i>17</i>
4	ANÁLISES ESTATÍSTICA.....	17
5	RESULTADOS.....	18
5.1	<i>Análise de componentes principais entre variáveis fisiológicas e bioquímicas.....</i>	<i>18</i>
5.2	<i>Teor total de fenólicos exsudados no meio hidropônico.....</i>	<i>18</i>
5.3	<i>Teor total de fenólicos no tecido radicular.....</i>	<i>19</i>
5.4	<i>Flavonoides totais no tecido radicular</i>	<i>20</i>
5.5	<i>Atividade enzimática da POD e PPO nas raízes.....</i>	<i>21</i>
5.6	<i>Fluorescência da clorofila a.....</i>	<i>22</i>
5.7	<i>Relação entre tratamentos em contato com meios hidropônicos distintos</i>	<i>23</i>
6	DISCUSSÃO	24
7	CONCLUSÃO.....	27
	REFERÊNCIAS.....	28

RESUMO

A transmissão de informações químicas para as imediações confere aos vegetais vantagens na sobrevivência frente às adversidades. Comumente chamada de comunicação vegetal, todos os órgãos são capazes de realizar esse processo, desde as folhas por meio de compostos voláteis como as raízes por exsudados. Os exsudados moldam a rizosfera, sendo rico em substâncias e dentre elas estão os compostos fenólicos, advindos do metabolismo especializado. A salinidade é um estresse que atinge diretamente o sistema radicular, alterando seu funcionamento e sua dinâmica com o ambiente circundante. O presente trabalho objetivou compreender como os exsudatos radiculares do grupo dos fenólicos de *Zea mays* L., em estresse salino e ausente, afetam a fisiologia e bioquímica de plantas em meio hidropônico. O experimento contou com dois tratamentos doadores: um com plantas cultivadas sob estresse salino (120 mM de NaCl) e outro sem salinidade. Cada doador teve 50 mL do seu meio hidropônico coletado e transferido para tratamentos receptores. Os receptores foram divididos em duas condições: um recebia a solução pura, sem alterações, e outro a solução previamente aquecida a 60 °C. O aquecimento objetivou degradar compostos orgânicos que não fossem fenólicos presentes no meio coletado. Análises de fluorescência da clorofila *a*, trocas gasosas, enzimáticas (POD e PPO), flavonoides e fenólicos totais, das raízes e do coletado, foram realizadas. Os resultados demonstraram que a exsudação e os fenólicos no tecido foram maiores em tratamentos que receberam o coletado puro de doadores sem contato com meio salinizado em relação aos em contato com o coletado de doadores sob salinidade. O *quenching* fotoquímico foi o único parâmetro fisiológico a diferir e apenas nos tratamentos que receberam o coletado de doadores sem salinidade, seja o aquecido ou o puro. A atividade enzimática variou em todos os tratamentos, tanto aqueles em contato com o coletado de doadores em salinidade quanto o proveniente dos ausentes do estressor. Os flavonoides apresentaram menores concentrações em tratamentos expostos ao coletado de doadores sem salinidade, em comparação àqueles em contato com a solução proveniente de doadores sob estresse salino. Concluímos que plantas expostas ao coletado puro de indivíduos cultivados sem salinidade variaram consideravelmente em comparação àqueles em contato com o coletado de meios salinizados. O aquecimento prévio do coletado também ocasionou diferenças entre os tratamentos,

principalmente naqueles que recebiam o coletado proveniente de plantas sob estresse, constatando que a comunicação vegetal por fenólicos sofre influência da salinidade e aquecimento.

Palavras-chave: compostos fenólicos; sistema radicular; infoquímicos; interação planta-planta; aquecimento.

ABSTRACT

The transmission of chemical information to the immediate environment gives the plant advantages in survival against adversities. Commonly called plant communication, all organs are able to carry out this process, since the leaves by means of compounds volatiles as the roots by exudates. The exudates shape the rhizosphere, being rich in substances and among them are phenolic compounds, derived from specialized metabolism. Salinity is a stress that directly affects the root system, altering its functioning and its dynamics with the surrounding environment. The present study aimed to understand how root exudates of the phenolic group of *Zea mays* L., in salt and absent stress, affect the physiology and biochemistry of plants in hydroponic medium. The experiment had two donor treatments: one with plants grown under salt stress (120 mM of NaCl) and another without salinity. Each donor had 50 mL of its hydroponic medium collected and transferred to receiving treatments. The receptors were divided into two conditions: one received the pure solution, without alterations, and the other the solution previously heated to 60 °C. The heating aimed to degrade organic compounds that were not phenolic present in the collected medium. Fluorescence analysis of chlorophyll a, gas exchange, enzymatic (POD and PPO), flavonoids and total phenolics, of the roots and collected, were performed. The results showed that exudation and phenolics in the tissue were higher in treatments that received the pure collection of donors without contact with salinized medium compared to those in contact with the collection of donors under salinity. Photochemical quenching was the only physiological parameter to differ and only in treatments that received the sample from donors without salinity, either heated or pure. The enzymatic activity varied in all treatments, both those in contact with the salt donors collected and those from the stressors absent. The flavonoids showed lower concentrations in treatments exposed to the sample of non-salinity donors, compared to those in contact with the solution from donors under saline stress. We concluded that plants exposed to the pure collection of individuals cultivated without salinity varied considerably in comparison with those in contact with the collected from salinized media. The previous heating of the collected also caused differences between treatments, especially in those that received the collected from plants under stress, noting that the plant communication by phenolics is influenced by salinity and heating.

Keywords: phenolic compounds; root system; infochemicals; plant-plant interaction; heating.

1. INTRODUÇÃO

A descoberta de que vegetais são capazes de estabelecer complexas formas de comunicação com outros organismos do seu entorno impulsionou extensos estudos voltados para a compreensão dos mecanismos metabólicos, fisiológicos e genéticos responsáveis (Elhakeem *et al.*, 2018; Yamashita *et al.*, 2021). Transmitir informações beneficia os vegetais em amplos contextos, dentre eles na diferenciação de parentes próximos de competidores em potencial ou em interações com microrganismos na rizosfera, variando entre os grupos vegetais em relação às classes de compostos químicos utilizados e as espécies que interagem (Kessler; Kalske, 2018; Takahashi *et al.*, 2021; Howard *et al.*, 2022). As substâncias envolvidas na transmissão de informações entre emissores e receptores são referidas comumente como infoquímicos e liberados por raízes, durante o processo de exsudação (Kong *et al.*, 2018; Ninkovic *et al.*, 2019), e folhas, por volatilização (Landi, 2020; Effah *et al.*, 2022).

Os infoquímicos são capazes de induzir mudanças nos vegetais, sejam da mesma espécie ou diferentes, caso sejam detectados e traduzidos em respostas fisiológicas que frequentemente conferem vantagens aos receptores em situações de estresse ou ameaça iminente (Song; Ryu, 2018; Meents; Mithöfer, 2020). Esse fato foi comprovado quando plantas são atacadas por herbívoros (Karban *et al.*, 2016; Santos *et al.*, 2021), sofrem dano mecânico (Meents; Mithöfer, 2020; Hagiwara; Shiojiri, 2020) ou simplesmente são tocadas (Markovic *et al.*, 2016; 2018), havendo a liberação de compostos voláteis orgânicos (VOCs, no inglês *Volatile Organic Compounds*) que possibilitam a aquisição de respostas prévias em indivíduos próximos não afetados. Os fitormônios, como o ácido jasmônico (JA) e moléculas derivadas dele, também estão envolvidos no desencadeamento de respostas fisiológicas entre plantas por meio de formas voláteis emitidas frequentemente pela parte aérea (Song; Ryu, 2018). Devido à natureza complexa e muitas vezes instável da maioria dos compostos químicos exsudados ou volatilizados envolvidos na comunicação entre vegetais, sua identificação e análise no contexto de interações planta-planta apresenta desafios consideráveis (Glinwood; Blande, 2016).

Além dos grupos de moléculas orgânicas previamente mencionados, podemos citar os compostos fenólicos, formados na rota metabólica do ácido chiquímico, no

qual a fenilalanina sofre ação da enzima fenilalanina amônia-liase (PAL, no inglês *phenylalanine ammonia liase*) e forma ácido cinâmico, um precursor de muitos outros fenólicos (Kumar *et al.*, 2020). Ingressam no ambiente por meio de volatilização, exsudação, decomposição ou lixiviação, desempenhando papéis cruciais em processos ecológicos e em contextos agronômicos, sendo amplamente usados na produção de pesticidas naturais (Zhu, 2015; Mushtaq *et al.*, 2020). Por serem liberados extensivamente pelo sistema radicular, representam um fluxo de carbono da parte aérea até o solo em formas orgânicas ativas (Khanam *et al.*, 2022; Heuermann *et al.*, 2023). Em interações entre plantas, são constantemente associados a alelopatia, conhecida como uma interação negativa entre vegetais e que provoca inibição de seu crescimento ou germinação por afetar seus processos fisiológicos (Kumar; Deb, 2023). Por conta disso, a alelopatia se distingue da comunicação vegetal que promove interações positivas, ainda que os benefícios imediatos sejam muitas vezes exclusivos para receptores (Kong *et al.*, 2018). Essa diferenciação ressalta a complexidade das interações químicas mediadas por fenólicos, que podem atuar tanto como ferramentas de defesa quanto como facilitadores de cooperação em comunidades vegetais (Gfeller *et al.*, 2019; Yamawo *et al.*, 2022).

Os fenólicos auxiliam na sobrevivência a diversos estressores ambientais abióticos, como radiação UV, variação de temperatura, seca e salinidade (Al-Khayri *et al.*, 2023; Chowdhary *et al.*, 2022; Rodríguez-Calzada *et al.*, 2019). Devido a sua localização, o sistema radicular é a primeira estrutura impactada em ambientes com altas concentrações de sais, resultando em redução do crescimento vegetativo ou, em casos extremos, na morte do vegetal (Hasan *et al.*, 2018; Hu *et al.*, 2022). Essas reduções no crescimento estão, em grande parte, associadas ao fechamento estomático, à desregulação do fotossistema II (PSII) causada pelo acúmulo de íons transportados das raízes para as folhas e à dificuldade na absorção de água (Shukry; Bayerly, 2015; Vineeth *et al.*, 2023; Stefanov *et al.*, 2024). Dentre os mecanismos fisiológicos usados para contornar o estresse salino, o aumento dos fenólicos nos tecidos é um dos fatores verificados em certas espécies e assumem papéis como moléculas antioxidantes ou osmoprotetores (Islam *et al.*, 2024). O aumento de fenólicos nos tecidos em resposta a salinidade também tem efeitos sobre a atividade enzimática de enzimas como a polifenoloxidase (PPO) e peroxidase (POD) que atuam como moléculas antioxidantes (Muhammad *et al.*, 2024; Stefanov *et al.*, 2024). O processo de exsudação também é afetado em ambientes salinos devido ao aumento da extrusão de íons excessivos ou em tentativas de estabelecer um gradiente osmótico favorável à absorção de água (Rahman *et al.*, 2021).

A liberação de infoquímicos pode ocorrer tanto na presença de estressores

REFERÊNCIAS

- AWAD, Mohamed A.; DE JAGER, Anton; VAN WESTING, Lucie M. Flavonoid and chlorogenic acid levels in apple fruit: characterisation of variation. *Scientia Horticulturae*, v. 83, n. 3, p. 249-263, 2000.
- ABEDINZADEH, Motahhareh; ETESAMI, Hassan ; ALIKHANI, Hossein Ali, Characterization of rhizosphere and endophytic bacteria from roots of maize (*Zea mays* L.) plant irrigated with wastewater with biotechnological potential in agriculture, **Biotechnology Reports**, v. 21, p. e00305, 2019.
- AL-KHAYRI, Jameel M *et al*, Plant Secondary Metabolites: The Weapons for Biotic Stress Management, **Metabolites**, v. 13, n. 6, p. 716–716, 2023.
- BIEDRZYCKI, Meredith L. *et al*, Root exudates mediate kin recognition in plants, **Communicative & Integrative Biology**, v. 3, n. 1, p. 28–35, 2010.
- CASTRO, Deise Souza de *et al*, Efeito da temperatura sobre a composição físico-química e compostos bioativos de farinha de taro obtida em leite de jorro, **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 20, n. 0, 2017.
- CHOWDHARY, Vibhakar; ALOOPARAMPIL, Sheena; V. PANDYA, Rohan; *et al*. Physiological function of phenolic compounds in plant defense system. **Phenolic Compounds - Chemistry, Synthesis, Diversity, Non-Conventional Industrial, Pharmaceutical and Therapeutic Applications**, 2022.
- CHRISTOPH-MARTIN, Geilfus. Article type: Review Title: Chloride – From Nutrient to Toxicant Short title: Cl – – From Nutrient to Toxicant. *Plant and Cell Physiology*, 2018.
- EFFAH, Evans; HOLOPAINEN, Jarmo K. ; MCCORMICK, Andrea Clavijo, Potential roles of volatile organic compounds in plant competition, **Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics**, v. 38, p. 58–63, 2019.
- EFFAH, Evans; SVENDSEN, Logan; BARRETT, D. Paul; *et al*. Exploring plant volatile-mediated interactions between native and introduced plants and insects. **Scientific Reports**, v. 12, n. 1, 2022.
- ELHAKEEM, Ali; MARKOVIC, Dimitrije; BROBERG, Anders; *et al*. Aboveground mechanical stimuli affect belowground plant-plant communication. **PLOS ONE**, v. 13, n. 5, p. e0195646, 2018.
- ERB, Matthias *et al*, Indole is an essential herbivore-induced volatile priming signal in maize, **Nature Communications**, v. 6, n. 1, 2015.
- GAO, Yingzhi ; LYNCH, Jonathan P., Reduced crown root number improves water acquisition under water deficit stress in maize (*Zea mays*L.), **Journal of Experimental Botany**, v. 67, n. 15, p. 4545–4557, 2016.
- GFELLER, Valentin *et al*, Root volatiles in plant–plant interactions I: High root sesquiterpene release is associated with increased germination and growth of plant neighbours, **Plant, Cell & Environment**, v. 42, n. 6, p. 1950–1963, 2019.

GLINWOOD, Robert ; BLANDE, James D., Deciphering Chemical Language of Plant Communication: Synthesis and Future Research Directions, **Signaling and Communication in Plants**, p. 319–326, 2016.

HAGIWARA, Tomika *et al*, Effective distance of volatile cues for plant–plant communication in beech, **Ecology and Evolution**, v. 11, n. 18, p. 12445–12452, 2021.

HAGIWARA, Tomika ; SHIOJIRI, Kaori, Within-plant signaling via volatiles in beech (*Fagus crenata* Blume), **Journal of Plant Interactions**, v. 15, n. 1, p. 50–53, 2020.

HAN, Jimei *et al*, The roles of photochemical and non-photochemical quenching in regulating photosynthesis depend on the phases of fluctuating light conditions, **Tree Physiology**, 2021.

HASAN, R; KAWASAKI, M; TANIGUCHI, M; *et al*. The damage of root, leaf and chloroplast ultrastructure on maize seedlings caused by salinity stress. **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**, v. 197, p. 012054, 2018.

HEUERMAN, Diana; DÖLL, Stefanie; DÖRTE SCHWENEKER; *et al*. Distinct metabolite classes in root exudates are indicative for field- or hydroponically-grown cover crops. **Frontiers in Plant Science**, v. 14, 2023.

HIREMATH, Shivanand S *et al*, A Review on Role of Root Exudates in Shaping Plant-Microbe-Pathogen Interactions, **Journal of Advances in Microbiology**, v. 24, n. 12, p. 1–17, 2024.

HOAGLAND, D ; ARNON, D. **CALIFORNIA AGRICULTURAL EXPERIMENT STATION The Water-Culture Method for Growing Plants without Soil**. [s.l.: s.n.], 1950.

HOWARD, Mia M. *et al*, Integrating plant-to-plant communication and rhizosphere microbial dynamics: ecological and evolutionary implications and a call for experimental rigor, **The ISME Journal**, 2021.

HOWARD, Mia M.; BASS, Ethan; CHAUTÁ, Alexander; *et al*. Integrating plant-to-plant communication and rhizosphere microbial dynamics: ecological and evolutionary implications and a call for experimental rigor. **The ISME Journal**, 2021.

HU, Dandan *et al*, Maize (*Zea mays* L.) responses to salt stress in terms of root anatomy, respiration and antioxidative enzyme activity, **BMC Plant Biology**, v. 22, n. 1, 2022.

ISLAM, MOHAMMAD SOHIDUL; MD RAFIQUUL ISLAM; MD KAMRUL HASAN; *et al*. Salinity Stress in Maize: Consequences, Tolerance Mechanisms, and Management Strategies. **OBM genetics**, v. 08, n. 02, p. 1–41, 2024.

KAR, Manoranjan; MISHRA, Dinabandhu. Catalase, peroxidase, and polyphenoloxidase activities during rice leaf senescence. **Plant physiology**, v. 57, n. 2, p. 315–319, 1976.

KARBAN, Richard; GROF-TISZA, Patrick ; BLANDE, James D. CHEMOTYPIC Variation in Volatiles and Herbivory for Sagebrush. **Journal of Chemical Ecology**, v. 42, n. 8, p. 829–840, 2016.

KESSLER, André ; KALSKE, Aino. Plant Secondary Metabolite Diversity and Species Interactions. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v. 49, n. 1, p. 115–138, 2018.

- KHANAM, Mehrun Nisha; ANIS, Mohammad; JAVED, Saad Bin; *et al.* Adventitious Root Culture—An Alternative Strategy for Secondary Metabolite Production: A Review. **Agronomy**, v. 12, n. 5, p. 1178, 2022.
- KONG, Chui-Hua *et al.* Plant neighbor detection and allelochemical response are driven by root-secreted signaling chemicals, **Nature Communications**, v. 9, n. 1, 2018.
- KUMAR PARIDA, Pradosh ; DEB, Arindam. Recent Approaches In Agriculture (Volume - 1). **Integrated Publications eBooks**, v. 1, n. 978-93-95118-83-5, 2023.
- KUMAR, Santosh; ABEDIN, Md. Minhajul; SINGH, Ashish Kumar; *et al.* Role of phenolic compounds in plant-defensive mechanisms. **Plant Phenolics in Sustainable Agriculture**, p. 517–532, 2020.
- LANDI, Marco. Airborne signals and abiotic factors: the neglected side of the plant communication. **Communicative & Integrative Biology**, v. 13, n. 1, p. 67–73, 2020.
- LIMA, Giuseppina Pace Pereira; BRASIL, Oswaldo Galvão; OLIVEIRA, Antonio Marinho de. Polyamines and peroxidase activity in bean (*Phaseolus vulgaris* L.) grown under saline stress. **Scientia Agricola**, v. 56, n. 1, p. 21-26, 1999.
- MARKOVIC, Dimitrije; COLZI, Ilaria; TAITI, Cosimo; *et al.* Airborne signals synchronize the defenses of neighboring plants in response to touch. **Journal of Experimental Botany**, v. 70, n. 2, p. 691–700, 2018.
- MARKOVIC, Dimitrije *et al.* Plant Responses to Brief Touching: A Mechanism for Early Neighbour Detection?, **PLOS ONE**, v. 11, n. 11, p. e0165742, 2016.
- MAXWELL, Kate ; JOHNSON, Giles N. Chlorophyll fluorescence—a practical guide. **Journal of Experimental Botany**, v. 51, n. 345, p. 659–668, 2000.
- MEENTS, Anja K. ; MITHÖFER, Axel. Plant–Plant communication: Is there a role for volatile damage-associated molecular patterns? **Frontiers in Plant Science**, v. 11, 2020.
- MUHAMMAD, AIZAZ; ULLAH, Raza; ULLAH, Tariq; *et al.* Insights into physiological and biochemical responses of *Zea mays* L. under salinity stress. **Emirates Journal of Food and Agriculture**, v. 36, p. 1–13, 2024.
- MURCHIE, E.H. ; LAWSON, T. Chlorophyll fluorescence analysis: a guide to good practice and understanding some new applications. **Journal of Experimental Botany**, v. 64, n. 13, p. 3983–3998, 2013.
- MUSHTAQ, Waseem; SIDDIQUI, M B ; KHALID REHMAN HAKEEM. **Allelopathy**. [s.l.]:Springer Cham, 2020.
- NASCIMENTO, Luana Beatriz dos Santos ; TATTINI, Massimiliano, Beyond Photoprotection: The Multifarious Roles of Flavonoids in Plant Terrestrialization, **International Journal of Molecular Sciences**, v. 23, n. 9, p. 5284, 2022.
- NINKOVIC, Velemir *et al.* Who is my neighbor? Volatile cues in plant interactions, **Plant Signaling & Behavior**, v. 14, n. 9, p. 1634993, 2019.
- PANDOLFI, Camilla *et al.* Acclimation improves salt stress tolerance in *Zea mays*

plants, **Journal of Plant Physiology**, v. 201, p. 1–8, 2016.

RAHMAN, Md Mezanur *et al*, Adaptive Mechanisms of Halophytes and Their Potential in Improving Salinity Tolerance in Plants, **International Journal of Molecular Sciences**, v. 22, n. 19, p. 10733, 2021.

RODRÍGUEZ-CALZADA, Tania; QIAN, Minjie; STRID, Åke; *et al*. Effect of UV-B radiation on morphology, phenolic compound production, gene expression, and subsequent drought stress responses in chili pepper (*Capsicum annuum* L.). **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 134, p. 94–102, 2019.

R Core Team (2024). *_R: A Language and Environment for Statistical Computing_*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.

SANTOS, Heidy *et al*, Indirect plant defenses: volatile organic compounds and extrafloral nectar, **Anthropod-plant interactions**, 2021.

SATO, Miori *et al*, Self-discrimination in vine tendrils of different plant families, **Plant Signaling & Behavior**, v. 13, n. 4, p. e1451710, 2018.

SHIOJIRI, Kaori; KARBAN, Richard ; ISHIZAKI, Satomi, Prolonged exposure is required for communication in sagebrush, **Arthropod-Plant Interactions**, v. 6, n. 2, p. 197–202, 2012.

SHUKRY, Wafaa; BAYERLI, Roula ; BAYERLY, Rola. Effects of Different Concentrations of NaCl On Seedling Growth and Physiological Responses in Four Varieties of *Zea mays* L. Prof, **Jordan Journal of Agricultural Sciences**, v. 11, n. 3, 2015.

SONG, Geun Cheol ; RYU, Choong-Min. Evidence for volatile memory in plants: Boosting defence priming through the recurrent application of plant volatiles. **PubMed**, v. 41, n. 8, p. 724–732, 2018.

SINGLETON, Vernon L.; ORTHOFER, Rudolf; LAMUELA-RAVENTÓS, Rosa M. [14] Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. **Methods in enzymology**, v. 299, p. 152-178, 1999.

STEFANOV, Martin A *et al*, Changes in Photosystem II Complex and Physiological Activities in Pea and Maize Plants in Response to Salt Stress, **Plants**, v. 13, n. 7, p. 1025–1025, 2024.

T.V. VINEETH *et al*, Photosynthetic machinery under salinity stress: Trepidations and adaptive mechanisms, **PHOTOSYNTHETICA**, v. 61, n. 1, p. 73–93, 2023.

TAKAHASHI, Yuta; SHIOJIRI, Kaori ; YAMAWO, Akira. Aboveground plant-to-plant communication reduces root nodule symbiosis and soil nutrient concentrations. **Scientific reports**, v. 11, n. 1, p. 12675, 2021.

WANG, Lei *et al*, Reclamation of saline soil by planting annual euhalophyte *Suaeda salsa* with drip irrigation: A three-year field experiment in arid northwestern China, **Ecological Engineering**, v. 159, p. 106090, 2021.

YAMASHITA, Felipe; RODRIGUES, Angélica Lino; RODRIGUES, Tatiane Maria; *et al*. Potential plant–plant communication induced by infochemical methyl jasmonate in Sorghum (*Sorghum bicolor*). **Plants**, v. 10, n. 3, p. 485, 2021.

YANG, Rong *et al*, Salinity changes root occupancy by arbuscular mycorrhizal fungal species, **Pedobiologia**, v. 81-82, p. 150665–150665, 2020.

YAMAWO, Akira; HAGIWARA TOMIKA; YOSHIDA, Satomi; *et al*. Evolutionary relations between mycorrhizal symbiosis and plant–plant communication in trees. **bioRxiv (Cold Spring Harbor Laboratory)**, 2022.

ZHU, Fan. Interactions between starch and phenolic compound. **Trends in Food Science & Technology**, v. 43, n. 2, p. 129–143, 2015.