

## **ÁCIDO SALICÍLICO COMO ATENUADOR DE ESTRESSES CAUSADOS POR MUDANÇAS CLIMÁTICAS EM SEMENTES**

Thiago Costa Ferreira, PPG em Ciências Florestais (CSTR/UFCG)

### **1) Introdução**

Estresses abióticos, como por exemplo o déficit hídrico ou a salinidade, podem ser fatores de diminuição da qualidade germinativa (Ghassemi-Golezani; Mabudi, 2021; Pirinc; Kiliç, 2022; Khan et al., 2022) e de vigor em vegetais (Kiliç, 2022; Khan et al., 2022).

Neste sentido, buscando um melhor equilíbrio em relação a produção agrícola e a possibilidade de utilização de meios que favoreçam as plantas em relação a estreses descritos, a avaliação do ácido salicílico tem sido destacada na recente literatura especializada (Ghassemi-Golezani; Mabudi, 2021; Pirinc; Kiliç, 2022; Khan et al., 2022).

A aplicação de ácido salicílico em sementes (Mabudi; Ghassemi-Golezani, 2022; 2025) ou em plantas (Pirinc; Kiliç; Ozturk, 2024; Al-Huqail; Mohammed, 2023) promove melhorias fisiológicas ligadas a elicitação de genes (Khan et al., 2022; Wu; Khan; Li, 2022; Ghassemi-Golezani; Mabudi, 2023) que produzem substâncias que podem favorecer a estabilidade vegetal (Li et al., 2024; Pirinc; Kiliç, 2022; Liu; Zhang; Li, 2024; Ghassemi-Golezani; Mabudi, 2025).

Aliados a outras substâncias, como *nanoprímings*, a utilização de ácido salicílico promove melhores resultados, maximizados por tal interação biológica nos vegetais (Wu; Khan; Li, 2022; Nauman; Singh; Wu, 2024).

### **2) Objetivo Geral e Específicos**

#### **2.1 Geral**

Analisar recentes artigos que descrevem o papel do ácido salicílico (SA) como agente atenuador dos efeitos de estresses abióticos associados às mudanças climáticas em sementes, em uma revisão sistêmica.

#### **2.2 Objetivos Específicos**

- Caracterizar os efeitos do ácido salicílico sobre a germinação e o vigor de sementes submetidas a condições de seca, salinidade e outros estresses ambientais.
- Examinar os mecanismos de ação do ácido salicílico, com foco na ativação de enzimas antioxidantes.
- Delimitar este conhecimento por meio de uma revisão sistêmica.

### **3) Metodologia**

A pesquisa foi delimitada em uma revisão sistemática de bibliografias recentes (2020-2025) realizada no site *Web of Science*, por meio da utilização do Café Capes (via conta

da UFPB), com o aporte de conter uma natureza qualitativa e exploratória, ancorada em neste delineamento bibliográfico. Esta pesquisa baseou-se na metodologia descrita nos trabalhos de Mongeon e Paul-Hus (2016) e Kannan e Thanuskodi (2019). Seu desenvolvimento foi realizado em meio a utilização dos buscadores “seed\*”, “salicylic acid” e “germination”, na plataforma descrita, dentro da referida temporalidade. Os dados foram analisados por meio da utilização do programa *VosViewer*®, para criação de um mapa de tendências de temas, considerando no mínimo três ocorrências de palavras, conforme a metodologia proposta por Van Eck e Waltman (2010) e Huang et al. (2020), e do ChatGPT® para uma análise conjunta dos dados.

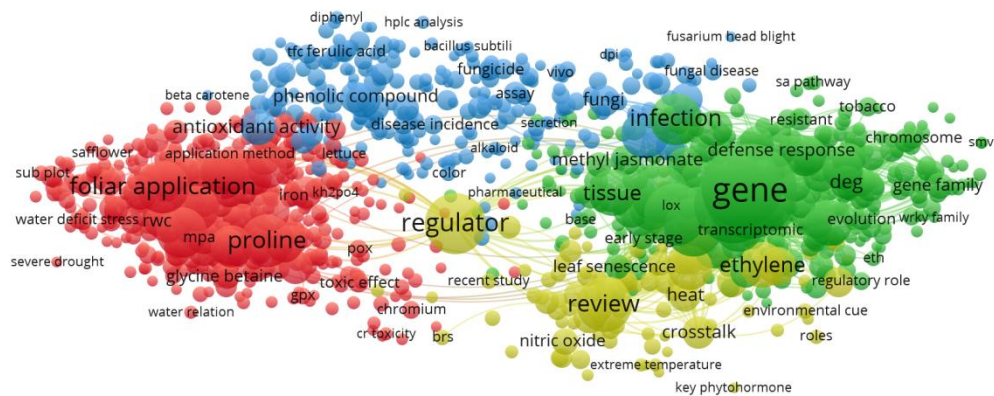
#### **4) Resultados e Discussões**

A pesquisa realizada constou em vinte e quatro artigos, abrangendo estudos experimentais, fisiológicos e moleculares em relação à temática da utilização de ácido salicílico para a melhoria da qualidade da germinação em condições de estresses ambientais. Majoritariamente, os periódicos que estes artigos estavam publicados são das áreas de Agronomia, Ciências das Plantas, Ciências Ambientais, Horticultura e Multidisciplinares.

Em relação ao aporte temporal, a demanda de publicação pode ser dividida em: 1) 2020-2021, para início dos trabalhos com o aporte fisiológico; 2) 2022-2023, com o maior número de publicações, tendo como base estudos em relação a estresses salinos e respostas antioxidantes e 3) 2024-2025 com base maior nas abordagens em relação ao uso de *nanoprimsings*, estresses pela presença de Zinco no solo e tolerância à seca, ambos mediados pela inoculação de ácido salicílico nas sementes antes da germinação.

Kazem Ghassemi-Golezani – *University of Tabriz* (Irã), foi o autor mais destacado dentre os textos analisados. Instituições chinesas despontam como sendo protagonistas nesses estudos de uso de ácido salicílico em sementes. *Scientia Horticulturae* (Elsevier) foi o periódico com maior destaque.

Os temas de maior destaque foram às palavras-chave ácidas salicílicas, germinação de sementes, salinidade, seca, estresse oxidativo, condicionamento (*priming*), estresse abiótico, tolerância, enzimas antioxidantes, reguladores de crescimento vegetal, ácidos graxos, prolina, soja, fava, grão-de-bico, colza (canola), girassol, que podem ser visualizados na Figura 1.



**Figura 1.** Palavras-chave para a pesquisa em relação à utilização de ácido salicílico como atenuador de mudanças climáticas para sementes, realizada no site *Web of Science* (2020-2025).

Em relação aos *clusters* descritos na Figura 1, a cor vermelha tem como base a discussão da fisiologia do estresse e a aplicação endógena de ácido salicílico, permitindo respostas bioquímicas por meio da aplicação foliar prévia a produção de sementes que permite a melhor condição de germinação em condições de estresses. Em azul, podem ser observados que as informações obtidas são compostas em relação a compostos fenólicos e a atividade oxidante, promotores de metabolismo secundário e de fatores de antioxidação e manutenção da sanidade das sementes. Em verde, ligados à regulação gênica e defesa moléculas das plantas, por uma ação de elicitar os genes de defesa por meio da utilização de ácido salicílico. E em amarelo, são destacadas as produções de integração teórica de dados, de pesquisas que levaram em consideração a conjuntura descrita e que foram publicadas em outros momentos.

A mitigação de estresses em sementes mediadas pela utilização de doses de ácido salicílico tem sido estudada pela possibilidade que esse regulador fisiológico assume nos vegetais em condições de estresse abiótico (Ghassemi-Golezani; Mabudi, 2021; Pirinc; Kiliç, 2022; Khan et al., 2022). A aplicação de SA, seja via *seed priming* ou tratamento foliar, promove tais melhorias, ativando a composição genética e a defesa das plantas (Kiliç, 2022; Khan et al., 2022).

Nos trabalhos analisados pode ser visualizada a descrição destes sistemas antioxidantes enzimáticos, principalmente em relação às enzimas Catalase, Superoxide Dismutase e Peroxidase que viabilizam o acúmulo de metabólitos protetores, como prolina ajudando

na manutenção do equilíbrio osmótico das células vegetais sob condições de estresses abióticos (Ghassemi-Golezani; Mabudi, 2021; Pirinc; Kiliç, 2022; Khan et al., 2022).

Espécies de leguminosas, *Cicer arietinum* e *Vicia faba*, a utilização de AS melhorou a germinação e o vigor de plântulas em solos com altos teores de NaCl (Mabudi; Ghassemi-Golezani, 2022; 2025). Para *Helianthus annuus* e *Brassica napus*, a aplicação de SA aumentou a qualidade fotossintética em meio a estresses abióticos (Pirinc; Kiliç; Ozturk, 2024; Al-Huqail; Mohammed, 2023).

Em *Glycine max* foi visualizado resultados que indicam que a presença de AS influencia positivamente a atividade das enzimas antioxidantes e o metabolismo osmótico, em sementes (Khan et al., 2022; Wu; Khan; Li, 2022; Ghassemi-Golezani; Mabudi, 2023). Semelhante em sementes de *Triticum aestivum* e *Zea mays*, o tratamento de sementes com SA, isoladamente ou em combinação com outros compostos orgânicos melhorou a germinação e estabilidade fisiológica sob estresse hídrico e salino (Li et al., 2024; Pirinc; Kiliç, 2022; Liu; Zhang; Li, 2024; Ghassemi-Golezani; Mabudi, 2025).

Outros estudos destacam o potencial do *nanoprimering* em conjunto com SA, aumentando a eficiência de absorção dos compostos e permitindo uma melhor vigor e maior vigor e estabilidade oxidativa (Wu; Khan; Li, 2022; Nauman; Singh; Wu, 2024).

De forma geral, a literatura analisada indica que o *seed priming* com ácido salicílico contribui para um melhor desempenho germinativo e de vigor e para a resistência a estresses abióticos, principalmente secos e salinidade para as espécies analisadas, sendo resultados importantes e úteis em relação às mudanças climáticas da atualidade.

## 5) Agradecimentos

Agradecemos ao Centro de Saúde e Tecnologia Rural e ao Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais, da Universidade Federal de Campina Grande, pelo apoio a realização desta pesquisa.

Termo de Outorga nº 235/2025, emitido em 01/03/2025, Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado da Paraíba (FAPESQ-PB).

## 5) Referências

AL-HUQAIL, A. A.; MOHAMMED, N. Seed priming with salicylic acid enhances growth and physiological performance of rapeseed under water deficit conditions. **Plants (Basel)**, v. 12, n. 4, p. 658, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants12040658>

CERNY, M.; BRZOBOHATY, B. Salicylic acid-induced transcriptional networks in plants: from signaling to stress responses. **Horticulturae**, v. 9, n. 1, p. 15, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/horticulturae9010015>

CERNY, M.; BRZOBOHATY, B.; NOVAK, O. Salicylic acid signaling integration with jasmonic and ethylene pathways under biotic and abiotic stress. **Plants-Basel**, v. 13, n. 2, p. 345, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants13020345>

GHASSEMI-GOLEZANI, K.; MABUDI, H. Effect of salicylic acid on germination indices and early growth of soybean under salt stress. **Environmental and**

- Experimental Botany**, v. 207, p. 105211, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2025.105211>
- GHASSEMI-GOLEZANI, K.; MABUDI, H. Enhancement of seed vigor and antioxidant capacity by salicylic acid treatment under salinity stress. **Horticulturae**, v. 8, n. 9, p. 721, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/horticulturae8090721>
- GHASSEMI-GOLEZANI, K.; MABUDI, H. Role of salicylic acid in improving emergence and early growth of soybean under salt stress. **Scientia Horticulturae**, v. 306, p. 111589, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2023.111589>
- GHASSEMI-GOLEZANI, K.; MABUDI, H. Salicylic acid priming improves seedling growth and metabolism of chickpea under salt stress. **Scientia Horticulturae**, v. 275, p. 109677, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109677>
- GHASSEMI-GOLEZANI, K.; MABUDI, H. Synergistic effects of salicylic acid and succinic acid on seed priming of chickpea under drought. **Legume Research**, v. 49, n. 2, p. 154–164, 2025. DOI: <https://doi.org/10.18805/LR-5682>
- HUANG, I.; LIM, M.A.; PRANATA, R. Diabetes mellitus is associated with increased mortality and severity of disease in COVID-19 pneumonia—a systematic review, meta-analysis, and meta-regression. **Diabetes & Metabolic Syndrome: Clinical Research & Reviews**, v. 14, n. 4, p. 395-403, 2020. doi: 10.1016/j.dsx.2020.04.018
- KANNAN, P.; THANUSKODI, S. Bibliometric analysis of library philosophy and practice: A study based on Scopus Database. **Library Philosophy and Practice**, p. 1-13, 2019.
- KHAN, M. N.; WU, H.; LI, Y. Salicylic acid priming influences ROS metabolism and lipid peroxidation in sunflower seedlings under drought stress. **Horticulturae**, v. 11, n. 3, p. 419, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3390/horticulturae11030419>
- KHAN, M. N.; WU, H.; LI, Y.; LIU, L. Salicylic acid alleviates salt stress in soybean seedlings through regulation of antioxidant system and osmolyte accumulation. **Plants (Basel)**, v. 11, n. 3, p. 320–334, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants11030320>
- KILIÇ, T.; PIRINC, V. Evaluation of salicylic acid effects on germination parameters of safflower under osmotic stress. **Gesunde Pflanzen**, v. 75, n. 3, p. 237–246, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10343-023-00782-y>
- LI, Y.; HE, X.; ZHANG, J.; LIU, L. Modulatory role of salicylic acid in mitigating zinc toxicity and enhancing seedling vigor in wheat. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 31, n. 9, p. 12547–12559, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-024-31235-9>
- LIU, L.; ZHANG, J.; LI, Y. Effects of salicylic acid and citric acid co-priming on seed germination and drought tolerance in maize. **Scientia Horticulturae**, v. 320, p. 113147, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2024.113147>
- MABUDI, H.; GHASSEMI-GOLEZANI, K. Seed priming with salicylic acid enhances drought tolerance of faba bean seedlings. **Environmental and Experimental Botany**, v. 194, p. 104738, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2021.104738>
- MABUDI, H.; GHASSEMI-GOLEZANI, K.; PIRINC, V. Salicylic acid improves physiological performance of faba bean seedlings under salt stress conditions. **Legume Research**, v. 48, n. 1, p. 92–101, 2025. DOI: <https://doi.org/10.18805/LR-5520>

- MONGEON, P.; PAUL-HUS, A. The journal coverage of Web of Science and Scopus: a comparative analysis. **Scientometrics**, v. 106, n. 1, p. 213-228, 2016. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11192-015-1765-5>
- NAUMAN, M.; SINGH, A.; WU, H. Salicylic acid priming improves antioxidant defense and growth performance in mung bean under drought conditions. **Journal of Plant Growth Regulation**, v. 43, n. 1, p. 250–263, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00344-023-10980-7>
- PIRINC, V.; KILIÇ, T. Combined effects of salicylic acid and putrescine on germination of wheat under salinity stress. **Scientia Horticulturae**, v. 305, p. 111470, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2022.111470>
- PIRINC, V.; KILIÇ, T. Pre-sowing seed treatment with salicylic acid mitigates osmotic stress effects in wheat. **Gesunde Pflanzen**, v. 74, n. 4, p. 390–400, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10343-022-00695-3>
- PIRINC, V.; KILIÇ, T. Role of salicylic acid in mitigating drought stress effects on wheat germination and seedling growth. **Gesunde Pflanzen**, v. 74, n. 1, p. 45–54, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10343-021-00637-9>
- PIRINC, V.; KILIÇ, T.; OZTURK, A. The influence of salicylic acid on salt-stressed sunflower seeds during germination. **Legume Research**, v. 47, n. 2, p. 160–168, 2024. DOI: <https://doi.org/10.18805/LR-5179>
- VAN ECK, N.J.; WALTMAN, L. Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. **Scientometrics**, v. 84, n. 2, p. 523-538, 2010. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11192-009-0146-3>
- WU, H.; KHAN, M. N. The role of salicylic acid priming in enhancing antioxidant enzyme activities during germination of soybean under oxidative stress. **Journal of Environmental Biology**, v. 46, n. 1, p. 12–22, 2025. DOI: <https://doi.org/10.22438/jeb/46/1/MRN-1003>
- WU, H.; KHAN, M. N.; LI, Y. Salicylic acid-mediated nanopriming improves tolerance to oxidative stress during soybean germination. **Global Challenges**, v. 6, n. 7, p. 2200115, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1002/gch2.202200115>
- WU, H.; LI, Y.; KHAN, M. N. Crosstalk of salicylic acid with nitric oxide and hydrogen peroxide during seed germination under drought stress. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 205, p. 108327, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2024.108327>
- ZHANG, J.; LI, Y.; HE, X.; LIU, L. Salicylic acid-induced modulation of gene expression enhances drought resistance in wheat. **Environmental and Experimental Botany**, v. 202, p. 105011, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2023.105011>