

EFEITO DO PRIMING DE SEMENTES EM PLANTAS DE SOJA SOB ESTRESSE TÉRMICO NO ESTÁDIO VEGETATIVO

RAFAELA NUNES DEVES¹; HELENA CHAVES TASCA²; DOUGLAS ANTONIO POSSO³; NÍCOLAS XAVIER DE CASTRO⁴; ANA CAROLINA COSTA ARAÚJO⁵; GUSTAVO MAIA SOUZA⁶

¹Universidade Federal de Pelotas – rafaeladeves@gmail.com

²Universidade Federal de Pelotas – douglasposso@hotmail.com

³Universidade Federal de Pelotas – hctasca@gmail.com

⁴Universidade Federal de Pelotas – nicolascastr@hotmail.com

⁵Universidade Federal de Pelotas – annacosta5566@gmail.com

⁶Universidade Federal de Pelotas – gumaia.gms@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

As plantas são organismos sésseis constantemente expostos às perturbações ambientais, desse modo, precisaram desenvolver mecanismos adaptativos de percepção, através de ajuste metabólico, sistemas de defesa antioxidante, cascatas de sinalização e redes de transcrição de genes que respondem a estímulos ambientais que lhes permitissem sobreviver às adversidades. (SOARES et al., 2019). Dessa maneira, seria vantajoso para as plantas desenvolver a capacidade de gerar e armazenar memórias de experiências ambientais passadas, a fim de usar essa informação na aclimação a estresses consecutivos (SHARMA et al., 2022).

Uma das formas de indução de memória é através do efeito priming, termo que descreve a resistência aprimorada a estresses abióticos e bióticos, gerada a partir da memória de um estresse anterior. O priming prepara a planta para uma resposta mais rápida e eficaz em eventos subsequentes ao estresse, melhorando suas chances de aclimação e sobrevivência (GALVIZ; RIBEIRO; SOUZA, 2020). O priming pode ser desencadeado biologicamente, por estímulos ambientais (estresses abióticos e bióticos), ou quimicamente, como baixas doses dos hormônios de defesa, ácido salicílico e ácidos jasmônicos e ainda, bioestimulantes (SINGH e ROBERTS, 2015).

Os bioestimulantes são substâncias ou microrganismos aplicados a fim de melhorar a tolerância ao estresse abiótico, qualidade e/ou eficiência nutricional das plantas; em geral, fornecem nutrientes e substâncias promotoras de crescimento (DU JARDIN, 2015). Devido ao aumento da demanda por alimentos e à limitação dos recursos naturais, há uma pressão crescente para que a agricultura atinja maiores rendimentos por unidade de área (EMBRAPA, 2018). Isso leva a um uso intensivo de agroquímicos, contaminando o ambiente por lixiviação e volatilização, o que ameaça a cadeia alimentar, a segurança ecológica e a saúde humana (FAYIGA; SAHA, 2016). Nesse contexto, os bioestimulantes surgem como alternativas sustentáveis para preservar os agroecossistemas naturais e garantir a sustentabilidade agrícola para as futuras gerações (MANDAL et al., 2023).

Com isso, o objetivo deste estudo é investigar a eficácia do uso de bioestimulantes como priming de sementes na mitigação de estresses por alta temperatura na aquisição de memória em plantas de soja, quando submetidas a estresse por alta temperatura no estágio V3 .

2. METODOLOGIA

O experimento foi realizado entre julho e setembro de 2023, em câmara de crescimento com iluminação de 700 nm, umidade relativa do ar de 70%, temperatura de $25\pm 2^{\circ}\text{C}$, utilizando sementes de soja [*Glycine max* (L.) Merrill] da cultivar Valente. As sementes foram semeadas em potes plásticos com capacidade de 1 L, preenchidos com substrato comercial, perfurados na base para garantir a perfeita percolação da água. No momento da semeadura foram aplicadas diferentes doses de bioestimulante.

As doses de bioestimulante consistiram na dose 0 ml: sem adição de nenhum produto; 2 ml: com aplicação de 2 ml do produto por kg de sementes e 4 ml: com aplicação 4 ml do produto por kg de sementes. A aplicação do produto ocorreu durante a semeadura, de acordo com o fabricante, resultando em sementes recobertas por uma fina e uniforme camada do produto. As plantas receberam irrigação alternada, a cada dois dias, com água e solução nutritiva, até atingirem o estágio de desenvolvimento V3.

Quando as plantas atingiram o estágio V3, dois trifólios completamente desenvolvidos, elas foram submetidas à alta temperatura para avaliar se o priming de bioestimulante armazenou memória. Assim, as plantas foram divididas em duas condições: controle e estresse. Controle (C): condições normais de temperatura e estresse (E): condições de alta temperatura (40°C) por 48h. Ao chegarem no estágio vegetativo V3, as plantas do grupo E foram transferidas para fitotron com exposição a 40°C por 48h. Após a exposição ao estresse térmico, as plantas seguiram para a coleta, para as análises bioquímicas.

No momento da coleta, as plantas foram avaliadas referentes às trocas gasosas, crescimento e armazenadas em nitrogênio líquido para posterior análise bioquímica. As medições de trocas gasosas foram realizadas com porômetro fluorômetro modelo LI-600, marca LI-COR®. A análise bioquímica realizada foi quantificação de peróxido de hidrogênio (H_2O_2) de acordo com Loreto e Velikova (2001) e peroxidação lipídica, estimada a partir da concentração de malondialdeído (MDA).

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 3×2 (três doses de bioestimulante e duas condições do ambiente). Cada tratamento teve 6 repetições, totalizando 36 plantas. A variação dos atributos funcionais entre as doses do bioestimulante e as condições do ambiente foram avaliadas através de uma Análise de Variância (ANOVA two-way), seguida pela comparação de médias pelo teste de Tukey. As análises foram realizadas no software R, com nível de $p \leq 0.05$.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se uma diminuição gradual na condutância estomática (g_s) à medida que a dose de bioestimulante aumentava, tanto no ambiente controle quanto no ambiente sob estresse (Figura 1). A g_s foi menor no tratamento por estresse, o que era esperado, uma vez que o aumento da temperatura tende a causar o fechamento parcial dos estômatos para evitar a perda de água por transpiração. Consequentemente, a taxa de transpiração também foi reduzida em relação ao controle, exceto na aplicação de 2 ml, onde houve um aumento. Em relação à eficiência do fotossistema II (PSII), houve um aumento mais pronunciado no tratamento por estresse do que no controle, com as maiores taxas observadas nas concentrações de 0 ml e 2 ml em ambos os tratamentos. Finalmente, a taxa de transporte de elétrons diminuiu sob estresse, mas

apresentou um aumento gradual com a maior concentração de bioestimulante, especialmente na dose de 4 ml.

Referente às análises bioquímicas, houve uma tendência de aumento nos níveis de H_2O_2 na aplicação da dose de 4 ml, em ambas as condições de ambiente; também demonstrou essa tendência na concentração de malondialdeído (MDA), mas apenas na condição controle. (Figura 2). O H_2O_2 é considerado uma espécie reativa de oxigênio, mas também pode atuar como molécula sinalizadora, o que seria positivo para o aumento da dose 4 ml no controle, demonstrando uma possível memória do priming de sementes. Quanto ao MDA, os resultados em estresse apresentaram diferença significativa comparado com o controle, o que é esperado pois demonstra como as plantas estressadas são acometidas de peroxidação lipídica e degradação de membranas.

Os resultados sugerem que o efeito do bioestimulante não foi dose-dependente, com os resultados de 2 e 4 ml promovendo respostas fisiológicas semelhantes tanto nas condições sob controle, quanto na condição de estresse. Porém, com resultados diferentes das plantas que não receberam bioestimulante.

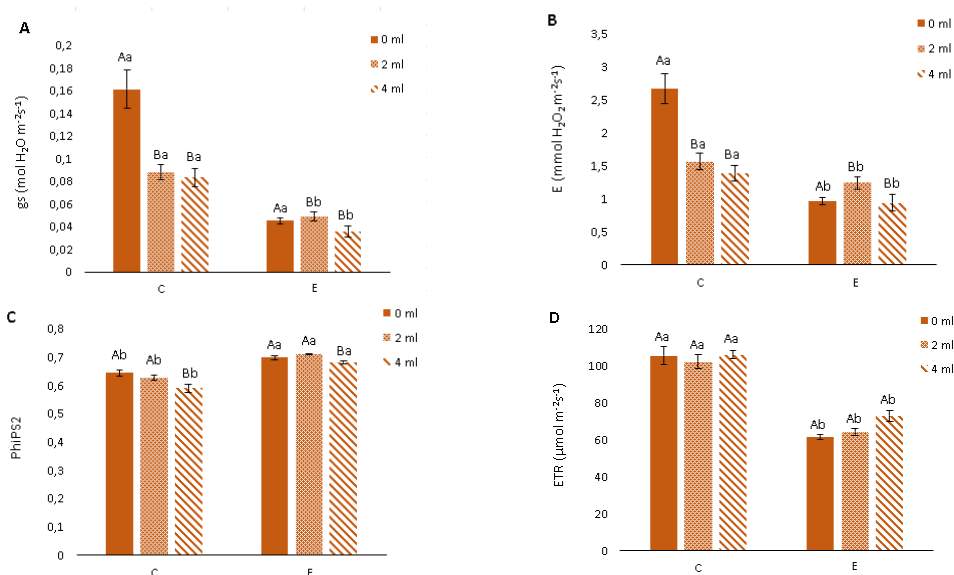


Figura 1 – Condutância estomática (g_s) (A), Transpiração (E) (B), Eficiência do Fotossistema II (PhiPS2) (C) e Taxa de Transporte de Elétrons (ETR) (D) em folhas de soja (*Glycine max* (L.) Merr.) cultivar Brasmax Valente, submetidas às condições do ambiente de controle (C) e estresse (E). Barras representam médias ± erro padrão (n = 12). Letras maiúsculas indicam diferença significativa entre as doses (0, 2 e 4 ml), enquanto letras minúsculas indicam diferença significativa entre os ambientes (C e E) de acordo com o teste de Tukey ($p \leq 0.05$).

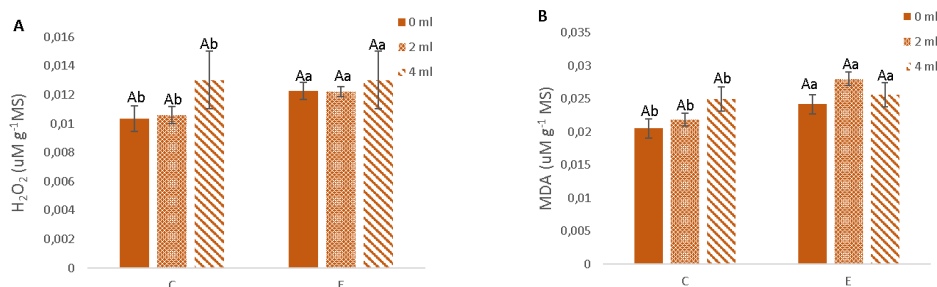


Figura 2 – Quantificação peróxido de hidrogênio (H₂O₂) (A) e Malondialdeído (MDA) (B) em folhas de soja (*Glycine max* (L.) Merr.) cultivar Brasmax Valente, submetidas às condições do ambiente de controle (C) e estresse (E). Barras representam médias \pm erro padrão (n = 6). Letras maiúsculas indicam diferença significativa entre as doses (0, 2 e 4 ml), enquanto letras minúsculas indicam diferença significativa entre os ambientes (C e E) de acordo com o teste de Tukey ($p \leq 0.05$).

4. CONCLUSÕES

Esses dados revelam tendências entre as doses, entretanto não são conclusivas, deve-se considerar em um próximo delineamento, diferentes temperaturas e tempo de estresse, em outros estádios de desenvolvimento, visto que o tempo para a estimulação de priming pode não ter sido o suficiente. Além disso, estão em andamento as análises de antioxidantes enzimáticos e não enzimáticos, que podem revelar detalhes importantes na relação de como as plantas sob dose de bioestimulante enfrentam os danos causados pelo estresse.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DU JARDIN, P. Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. **Scientia horticultrae**, v. 196, p. 3-14, 2015.

GALVIZ, Y. C. F; RIBEIRO, R. V.; SOUZA, G. M. Yes, plants do have memory. **Theoretical and experimental plant physiology**, v. 32, n. 3, p. 195-202, 2020.

LORETO, F.; VELIKOVA, V. Isoprene produced by leaves protects the photosynthetic apparatus against ozone damage, quenches ozone products, and reduces lipid peroxidation of cellular membranes. **Plant Physiology**, v. 127, n. 4, p. 1781-1787, 2001.

SHARMA, M. et al. Understanding plant stress memory response for abiotic stress resilience: Molecular insights and prospects. **Plant Physiology and Biochemistry**, v.179, p.10–24, 2022.

SOARES, C et al. Plants facing oxidative challenges - A little help from the antioxidant networks. **Environmental and Experimental Botany**, v. 161, p. 4-25, 2019.

SINGH, P.; ROBERTS, M. R. Keeping it in the family: transgenerational memories of plant defence. **CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources**, v. 10, 2015.

EMBRAPA. **Visão 2030**: o futuro da agricultura brasileira. Brasília, DF, p. 212, 2018. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/visao/o-futuro-da-agricultura-brasileira>>. Acesso em: 10 jul 2023.

FAYIGA, A. O.; SAHA, U. K. Soil pollution at outdoor shooting ranges: Health effects, bioavailability and best management practices. **Environmental pollution**, v. 216, p. 135-145, 2016.

MANDAL, S. et al. Biostimulants and environmental stress mitigation in crops: A novel and emerging approach for agricultural sustainability under climate change. **Environmental Research**, p. 116357, 2023.