

SINAL BIOELÉTRICO EM ACESSOS DE BATATA SUBMETIDOS À ESTRESSE HÍDRICO: IMPLICAÇÕES PARA SELEÇÃO DE GENÓTIPOS TOLERANTES

ITTAO DE SOSA NÖRNBERG¹; DAVI BÄRWALDT DUTRA²; RAFAEL CAVAGNOLI³; GUSTAVO HEIDEN⁴

¹Universidade Federal de Pelotas – ittalo.nornberg@gmail.com

²Universidade Federal de Pelotas – ddavibarwoldt@gmail.com

³Universidade Federal de Pelotas – rafabrasil2@gmail.com

⁴Embrapa Clima Temperado – gustavo.heiden@embrapa.br

1. INTRODUÇÃO

A sobrevivência das plantas em ambientes adversos depende da habilidade em perceber e responder a estímulos ambientais. Diferente dos animais, que podem se mover em busca de melhores condições, as plantas são organismos sésseis e, por isso, desenvolveram mecanismos fisiológicos e moleculares complexos para detectar e reagir a estressores do ambiente (HUBER e BAUERLE, 2016). Entre esses estressores, os de origem abiótica como salinidade, luminosidade, temperatura e, especialmente, a disponibilidade de água, afetam diretamente a fisiologia, o crescimento, o desenvolvimento e a produtividade vegetal (TAIZ e ZEIGER, 2009).

Em situações de estresse hídrico, a planta não pode desperdiçar água, desencadeando respostas ao longo das células, paredes celulares e tecidos, com o intuito de preservar a integridade hídrica (FAGAN *et al.*, 2010). Dentre os mecanismos de resposta, destacam-se os sinais elétricos, que consistem em alterações no equilíbrio de íons através da membrana plasmática. Esses sinais são considerados uma das primeiras respostas da planta a estímulos externos, podendo induzir modificações fisiológicas sistêmicas, na fotossíntese, transpiração, pressão de turgor e até ativação gênica (YAN *et al.*, 2009).

A sinalização elétrica em plantas atua como um sistema de comunicação de longa distância entre diferentes partes do organismo, especialmente na interação entre raízes e parte aérea em condições de estresse hídrico (FROMM e FEI, 1998). A propagação desses sinais pode ser registrada por eletrodos fixados em diferentes regiões da planta, desde que se respeite a natureza delicada do sinal. Por isso, abordagens não invasivas, como o uso de eletrodos de superfície, têm sido preferidas, evitando danos aos tecidos vegetais (ILÍK *et al.*, 2010).

A escolha da cultura da batata para o presente estudo se justifica pela importância global como alimento e sensibilidade ao estresse hídrico. Atualmente, a batata é o terceiro alimento mais consumido, atrás apenas do trigo e do arroz, sendo fundamental para a segurança alimentar (CAMPOS e ORTIZ, 2020). Com a necessidade crescente de produzir mais alimentos com menos recursos, torna-se crucial compreender como essa espécie responde a situações de estresse hídrico.

O presente experimento teve como objetivo investigar as alterações na sinalização bioelétrica de plantas de batata submetidas à restrição hídrica, buscando identificar possíveis relações entre a resistência ao estresse hídrico e os sinais elétricos. Avaliou-se o comportamento bioelétrico de quatro acessos, dois da espécie cultivada *Solanum tuberosum* L. e dois da espécie silvestre *S. chacoense* Bitter.

2. METODOLOGIA

O experimento foi conduzido no Laboratório de Recursos Genéticos da Embrapa Clima Temperado, em Pelotas – RS. Para minimizar interferências eletromagnéticas e garantir maior precisão na captação dos sinais bioelétricos, foi utilizada uma gaiola de Faraday ($50 \times 50 \times 60$ cm). A detecção da atividade elétrica das plantas foi realizada com um sistema eletrônico de baixo custo, utilizando um circuito amplificador conectado a um microcontrolador Arduino Uno, com base na metodologia de Volkov e Haack (1995). A aquisição dos sinais foi realizada de forma não invasiva, utilizando eletrodos aplicados à superfície foliar com auxílio de gel condutor (Carbogel), conforme descrito por Fromm e Fei (1998), posicionados no ápice e na base do caule.

Foram avaliados quatro acessos de batata: dois da espécies cultivada *S. tuberosum* (BGB 88 e BGB 91) e dois da espécie silvestre *S. chacoense* (BGB 101 e BGB 109), plantados em 22 de outubro de 2024. As plantas foram inicialmente cultivadas em casa de vegetação e, posteriormente, transferidas para a sala de caracterização do laboratório, onde passaram por um período de aclimatação de 48 horas, em temperatura controlada de 18°C .

Ao todo, foram avaliadas 24 plantas, distribuídas igualmente entre os grupos controle com irrigação e tratamento sob estresse hídrico (Figura 1). Ambos os grupos foram mantidos sob fotoperíodo de 16 horas, com iluminação por lâmpadas LED de 27 W e temperatura ambiente.



Figura 1. Imagem interna da gaiola de Faraday, contendo 24 plantas de batata divididas entre grupo controle com irrigação e grupo tratamento sob estresse hídrico. Cada grupo inclui seis acessos, sendo dois da espécie de batata cultivada *Solanum tuberosum* e dois da batata-silvestre *S. chacoense*. Os acessos estão distribuídos aleatoriamente dentro da gaiola para evitar interferências relacionadas ao posicionamento durante a coleta dos sinais bioelétricos.

A coleta dos sinais foi realizada individualmente, iniciando-se pelas plantas do grupo controle e, em seguida, pelas do grupo tratamento, respeitando a mesma ordem de acessos. Para cada planta, foram realizadas três leituras consecutivas de 1 minuto, totalizando 3 minutos por análise, com frequência de amostragem de 1 Hz e ganho de amplificação de 11 vezes.

O experimento teve início em 3 de dezembro e foi encerrado em 19 de dezembro de 2024, totalizando 16 dias de restrição hídrica, período no qual as plantas atingiram a fase de murcha completa, aos 58 dias. As coletas ocorreram em intervalos de 48 e 120 horas, e, ao final de cada dia de teste, foi mensurado o

teor de umidade do substrato nos vasos dos grupos controle e tratamento, para confirmação das condições de estresse hídrico.

Para análise estatística dos dados, aplicou-se o teste t de Student, além do cálculo das médias e desvios padrão, com o objetivo de verificar diferenças significativas entre os grupos e identificar os acessos com maior tolerância ao estresse hídrico, com base na atividade bioelétrica registrada.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com o objetivo de avaliar se o sinal elétrico das plantas varia em resposta ao estresse hídrico, os dados médios de cada acesso foram comparados nas condições de controle e tratamento (Figura 2).

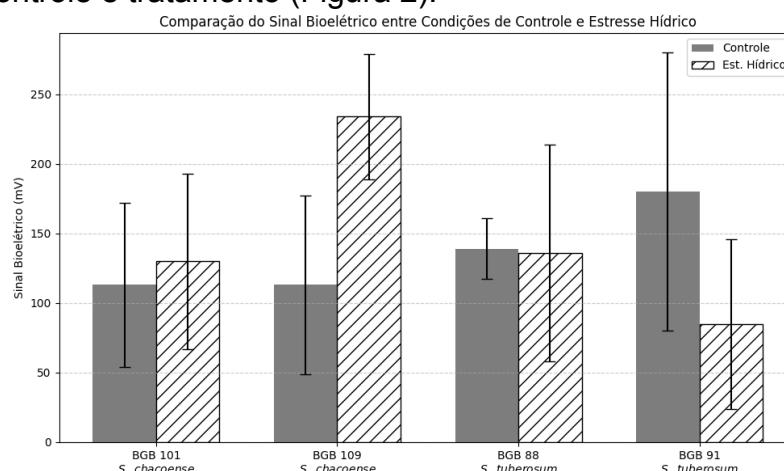


Figura 2. Comparação dos valores médios do sinal bioelétrico (milivoltos) em quatro acessos de batata (BGB 101, BGB 109, BGB 88 e BGB 91), sob condições de controle hídrico (barras cinzas) e restrição hídrica (barras brancas com hachura). As barras de erro representam o desvio padrão.

O teste t indicou diferença significativa entre controle e tratamento nos acessos BGB 91 ($p = 0,03$) e BGB 109 ($p = 0,0003$). Para BGB 101 ($p = 0,53$) e BGB 88 ($p = 0,91$), não houve diferença estatística ($p > 0,05$).

Entre os acessos avaliados, o BGB 109 apresentou o maior incremento no sinal bioelétrico sob estresse hídrico (+121 mV), evidenciando uma resposta positiva ao déficit hídrico, possivelmente associada a mecanismos fisiológicos de adaptação. O acesso BGB 101 também apresentou aumento no sinal (+18 mV), sugerindo uma adaptação moderada à condição de restrição. Em contraste, o BGB 88 mostrou uma leve redução na atividade elétrica (-3 mV), o que pode indicar uma estabilidade fisiológica frente ao estresse. Já o BGB 91 demonstrou uma expressiva queda no sinal bioelétrico (-96 mV), sugerindo baixa tolerância ao estresse hídrico e provável comprometimento em seus processos fisiológicos.

Foi relatado por Fromm e Fei (1998) que plantas submetidas ao estresse hídrico tendem a apresentar redução na atividade elétrica. No entanto, neste estudo, também foram registrados aumentos no sinal bioelétrico em determinados genótipos, sugerindo a existência de mecanismos adaptativos distintos diante da escassez de água. Esses resultados estão em consonância com os dados obtidos por Bashir et al. (2023), que avaliou os mesmos acessos sob condições de estresse térmico, sugerindo a existência de uma relação entre a capacidade de adaptação dos genótipos a diferentes tipos de estresse abiótico. No referido estudo, os acessos BGB 91 e BGB 101 foram classificados como mais

suscetíveis ao estresse por calor, enquanto os acessos BGB 88 e BGB 109 demonstraram maior tolerância térmica. Tal correspondência reforça a hipótese de que esses acessos compartilham mecanismos fisiológicos e genéticos associados à resistência, independentemente da natureza do estressor ambiental.

4. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos demonstram que os sinais bioelétricos podem ser utilizados como ferramentas promissoras na detecção precoce da resposta das plantas ao estresse hídrico. A variação nos potenciais elétricos observada entre os diferentes acessos de *Solanum tuberosum* e *Solanum chacoense* sugere a existência de mecanismos fisiológicos distintos de adaptação à escassez de água. Enquanto alguns genótipos apresentaram redução da atividade elétrica (BGB 88 e BGB 91), outros exibiram aumentos significativos (BGB 101 e BGB 109), indicando possíveis estratégias de resiliência. Esses achados indicam a viabilidade do uso da bioelétricidade vegetal como critério complementar em avaliações de recursos genéticos e programas de melhoramento genético, com o objetivo de selecionar plantas mais adaptadas a ambientes com disponibilidade hídrica limitada. Estudos futuros poderão aprofundar a compreensão desses mecanismos e consolidar o uso dessa abordagem como uma ferramenta de diagnóstico fisiológico não invasivo.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BASHIR, I.; NICOLAO, R.; HAERTER, J.; DE BRITO, G.; CASTRO, C., HEIDEN, G. **Phenotyping wild potatoes for photosynthesis associated traits under heat stress**. Research Square, v.1, p.?, 2023. DOI: 10.21203/rs.3.rs-3449685/v1.
- CAMPOS, H.; ORTIZ, O. (Eds.). **The Potato Crop: The Scientific Basis for Improvement**. Berlin: Springer, 2020. DOI: 10.1007/978-3-030-28683-5.
- FAGAN, E. B.; PERES, E. C.; SOARES, L. H.; SOARES, A. L.; MARTINS, K. V. **Aspectos de inteligência em plantas**. *Cerrado Agrociências*, v. 1, p. 26–35, 2010.
- FROMM, J.; FEI, H. **Electrical signaling and gas exchange in maize plants of drying soil**. *Plant Science*, v. 132, n. 2, p. 203–213, 1998. DOI: 10.1016/S0168-9452(98)00010-7.
- HUBER, A.E.; BAUERLE, T.L. **Long-distance plant signaling pathways in response to multiple stressors: the gap in knowledge**. *Journal of Experimental Botany*, v.67, n.7, p.2063-2079, 2016. DOI: 10.1093/jxb/erw099.
- ILÍK, P.; HLAVÁČKOVÁ, V.; KRCHŇÁK, P.; et al. **A low-noise multi-channel device for the monitoring of systemic electrical signal propagation in plants**. *Biologia Plantarum*, v. 54, n. 1, p. 185–190, 2010. DOI: 10.1007/s10535-010-0034-8.
- TAIZ, Lincoln; ZEIGER, Eduardo. **Fisiologia vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.
- VOLKOV, A.; HAACK, R. **Bioelectrochemical signals in potato plants**. *Russian Journal of Plant Physiology*, v.42, p.17-23, jan. 1995.
- YAN, X.; WANG, Z.; HUANG, L.; WANG, C.; HOU, R.; XU, Z.; QIAO, X. **Research progress on electrical signals in higher plants**. *Progress in Natural Science*, v. 19, p. 531–541, maio 2009. DOI: 10.1016/j.pnsc.2008.08.009.