

SINALIZAÇÃO E PLASTICIDADE: A COMUNICAÇÃO SUBTERRÂNEA CONTEXTO-DEPENDENTE ENTRE MILHETO E SOJA

LUIS FELIPE BASSO¹; DOUGLAS ANTÔNIO POSSO²; JULIANA DOS SANTOS RIBEIRO³; SIMONE RIBEIRO LUCHO⁴; GUSTAVO MAIA SOUZA⁵

¹Universidade Federal de Pelotas – felipestrapazon2409@gmail.com

²Universidade Federal de Pelotas – douglasposso@hotmail.com

³Universidade Federal de Pelotas – julianaribeiro1965@gmail.com

⁴Universidade Federal de Pelotas – simonibelmonte@gmail.com

⁵Universidade Federal de Pelotas – gumaia.gms@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

Devido a sua natureza séssil, as plantas desenvolveram mecanismos sofisticados para perceber o ambiente ao seu redor, incluindo a presença de vizinhos (TREWAVAS, 2003; BALUŠKA & MANCUSO, 2009; BALLARÉ & PIERIK, 2017).

Essa detecção pode ocorrer através da comunicação subterrânea, mediada por compostos orgânicos voláteis radiculares (rVOCs), servindo como um importante canal de informação que modula interações de competição e facilitação (DELORY *et al.*, 2016; KONG *et al.*, 2018; BILAS; BRETMAN; BENNETT, 2021).

A percepção e interpretação desses sinais químicos de um vizinho dependem não apenas da sua composição, mas também do contexto, como o estado fisiológico da planta vizinha (estressada ou não) e a sua identidade (conspecífica ou heteroespecífica) (WITZANY, 2006; SEMCHENKO; SAAR; LEPIK, 2014; CHAI & SCHACHTMAN, 2022).

Compreender como essas interações se manifestam é fundamental para avançar nosso conhecimento sobre a ecologia de comunidades vegetais, principalmente em cenários de estresse abiótico intensificados pelas mudanças climáticas (HE; BERTNESS; ALTIERI, 2013), e pode ter implicações para práticas agrícolas, como o consórcio de culturas (STOMPH *et al.*, 2020).

Dessa forma, este trabalho investigou como a Soja (*Glycine max*) e o Milheto (*Pennisetum glaucum*) modulam suas respostas morfofisiológicas com base em sinais de rVOCs emitidos por vizinhos em diferentes condições ambientais.

2. METODOLOGIA

O objetivo deste estudo foi avaliar como a comunicação via rVOCs, mediada pela identidade do vizinho (conspecífico vs. heteroespecífico) e por um estresse abiótico (salinidade), afeta a plasticidade morfofisiológica de plantas de Soja e Milheto. As hipóteses testadas foram: (H1) A percepção de rVOCs de um vizinho modula a resposta plástica da planta receptora; (H2) Essa modulação via percepção de rVOCs depende tanto do estado fisiológico (controle vs. estresse) quanto da identidade (conspecífica vs. heteroespecífica) da planta emissora do sinal.

Para testar as hipóteses, o experimento foi conduzido em casa de vegetação utilizando um sistema de três vasos que permite a comunicação subterrânea via rVOCs. Uma planta central "emissora" foi conectada a duas plantas laterais "receptoras" (Figura 1A). Em uma lateral, a conexão foi mantida aberta ("Com rVOCs") e na outra, foi bloqueada ("Sem rVOCs", controle). Os tratamentos foram dispostos em caixas de acrílico transparente, para evitar contato com os demais

tratamentos (Figura 2). O delineamento foi fatorial, testando interações conspecíficas (Soja-Soja, Milheto-Milheto) e heteroespecíficas (Soja-Milheto, Milheto-Soja), adotando-se a convenção Emissora X Receptora, sob duas condições aplicadas à planta emissora: Controle (irrigação com água) e Estresse Salino (irrigação com solução salina - NaCl 100 mM). (Figura 1B).

Foi utilizada areia lavada e peneirada como substrato inerte, com a nutrição fornecida via solução de Hoagland e Arnon (1950).

Foram avaliados parâmetros morfofisiológicos nas plantas receptoras, como variáveis de crescimento e alocação de biomassa (áerea e radicular), além de indicadores de trocas gasosas e eficiência fotossintética.

Os dados foram padronizados (média=0, variância=1) e submetidos à Análise de Componentes Principais (PCA) para visualizar a ordenação dos tratamentos, utilizando o software MetaboAnalyst.

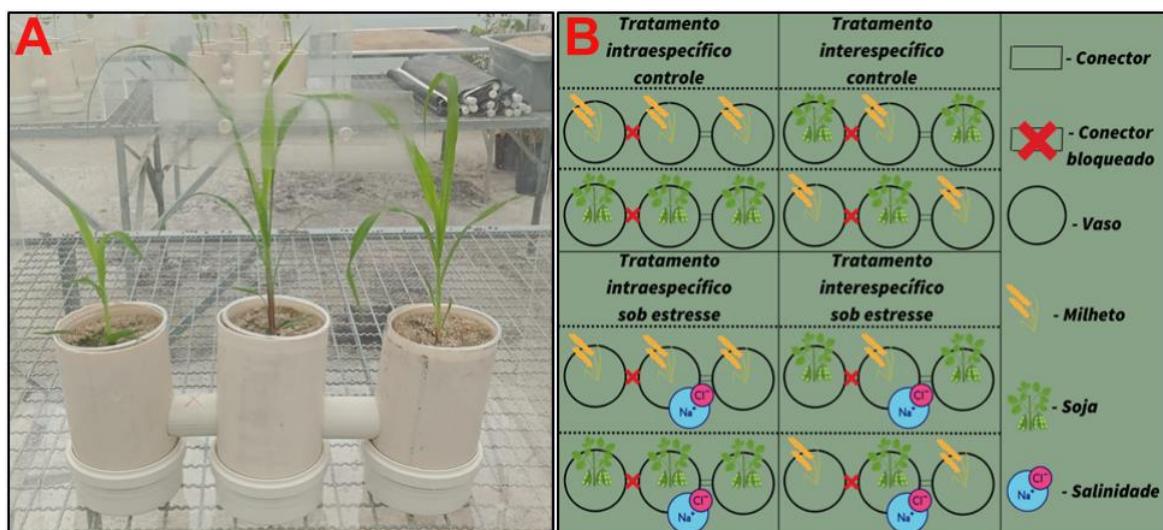


Figura 1. Unidade experimental básica (A) e Delineamento experimental (B).



Figura 2. Tratamentos dispostos em caixas de acrílico transparente.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A PCA das respostas do Milheto explicou 73,2% da variação total dos dados (PC1=49,5%; PC2=23,7%), com a identidade do vizinho sendo o principal fator de separação. Para a Soja, a análise explicou 56,5% da variação (PC1=31,8%; PC2=24,7%) e revelou um padrão de resposta mais contextual (Figura 3).

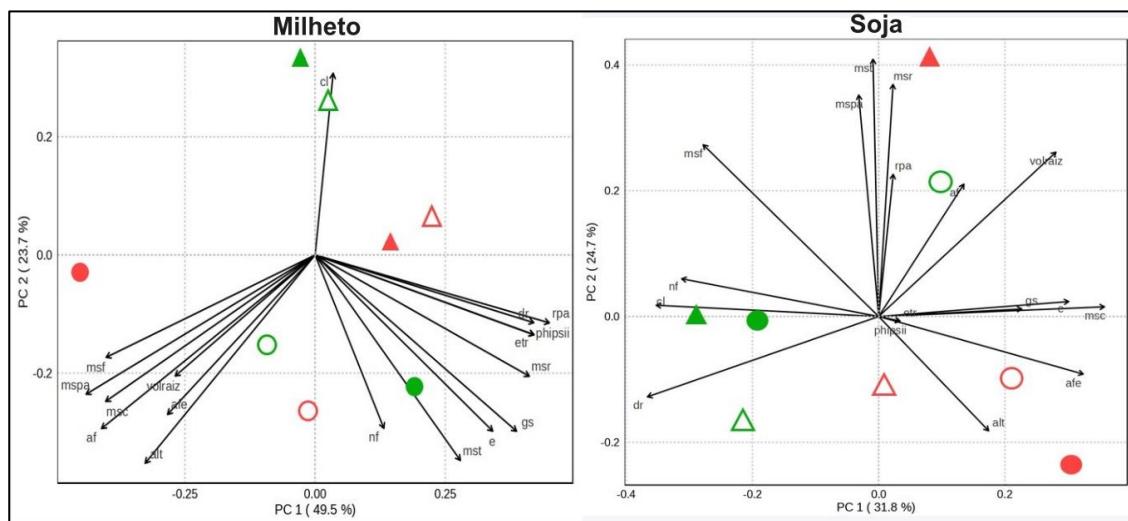


Figura 3. Análise de Componentes Principais (PCA) das respostas morfofisiológicas das plantas receptoras. Os círculos representam as interações conspecíficas e os triângulos, as interações heteroespecíficas. A cor verde indica a condição Controle e a vermelha, Estresse Salino. Símbolos preenchidos representam os tratamentos “Com rVOCs”, enquanto os símbolos vazados representam os tratamentos “Sem rVOCs”.

A PCA forneceu uma representação visual clara das respostas integradas das plantas, corroborando as hipóteses estruturais propostas (H1 e H2). A ordenação dos tratamentos no espaço da PCA demonstrou que a identidade do vizinho e o seu estado fisiológico foram os principais fatores de variação (H2). Observou-se a formação de agrupamentos distintos para as interações conspecíficas e heteroespecíficas, bem como uma nítida separação entre os tratamentos sob condição controle e estresse. Fundamentalmente, a hipótese de que a resposta é mediada por sinais radiculares (H1) foi validada pela clara distância gráfica entre os tratamentos que recebiam o sinal (Com rVOCs) e seus respectivos controles bloqueados (Sem rVOCs). Esta separação visual confirma que o sinal subterrâneo foi o responsável por modular a resposta plástica geral da planta receptora.

4. CONCLUSÕES

Conclui-se que a comunicação subterrânea via rVOCs é um mecanismo eficaz que modula a interação entre Soja e Milheto. As respostas plásticas das plantas receptoras são altamente contexto-dependentes, sendo o Milheto primariamente influenciado pela identidade de seu vizinho, enquanto a Soja demonstra uma resposta mais complexa e integrada. A Análise de Componentes Principais (PCA) foi fundamental para validar visualmente estas dinâmicas, confirmando que a resposta geral das plantas foi significativamente alterada pela identidade do vizinho, seu estado fisiológico e, crucialmente, pela presença ou ausência do sinal radicular.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BALLARÉ, C. L.; PIERIK, R. The shade-avoidance syndrome: multiple signals and ecological consequences. *Plant, Cell & Environment*, v. 40, p. 2530-2543, 2017.
- BALUŠKA, F.; MANCUSO, S. Plant neurobiology: from sensory biology, via plant communication, to social plant behavior. *Cognitive Processing*, v. 10, suppl. 1, p. 3-7, 2009.
- BILAS, R. D.; BRETMAN, A.; BENNETT, T. Friends, neighbours and enemies: an overview of the communal and social biology of plants. *Plant, Cell & Environment*, v. 44, n. 4, p. 997–1013, 2021.
- CHAI, Y. N.; SCHACHTMAN, D. P. Root exudates impact plant performance under abiotic stress. *Trends in Plant Science*, v. 27, n. 1, p. 80-91, 2022.
- DELORY, B. M.; DELAPLACE, P.; FAUCONNIER, M. L.; DU JARDIN, P. Root-emitted volatile organic compounds: can they mediate belowground plant-plant interactions? *Plant and Soil*, v. 402, p. 1-16, 2016.
- HE, Q.; BERTNESS, M. D.; ALTIERI, A. H. Global shifts in species interactions with increasing environmental stress. *Ecology Letters*, v. 16, n. 5, p. 695-706, 2013.
- HOAGLAND, D.R.; ARNON, D. I. The water culture method for growing plants without soils. Berkeley: California, Agricultural Experimental Station, p. 347, 1950.
- KONG, C. H.; ZHANG, S. Z.; LI, Y. H.; XIA, Z. C.; YANG, X. F.; MEINERS, S. J.; WANG, P. Plant neighbor detection and allelochemical response are driven by root-secreted signaling chemicals. *Nature Communications*, v. 9, p. 3867, 2018.
- SEMCHENKO, M.; SAAR, S.; LEPIK, M. Plant root exudates mediate neighbour recognition and trigger complex behavioural changes. *New Phytologist*, v. 204, n. 3, p. 631–637, 2014.
- STOMPH, T. J.; DORDAS, C.; BARANGER, A.; RIJK, J. de; DONG, B.; EVERS, J.; GU, C.; LI, L.; SIMON, J.; JENSEN, E. S.; WANG, Q.; WANG, Y.; WANG, Z.; XU, H.; ZHANG, C.; ZHANG, L.; ZHANG, W. P.; BEDOUSSAC, L.; WERF, W. van der. Designing intercrops for high yield, yield stability and efficient use of resources: Are there principles?. In: SPARKS, D. L. (Ed.). *Advances in Agronomy*. London: Academic Press, v. 160, n. 1, p. 1-50, 2020.
- TREWAVAS, A. Aspects of Plant Intelligence. *Annals of Botany*, v. 92, n. 1, p. 1–20, 2003.
- WITZANY, G. Plant communication from biosemiotic perspective: differences in abiotic and biotic signal perception determine content arrangement of response behavior. Context determines meaning of meta-, inter- and intraorganismic plant signaling. *Plant Signaling & Behavior*, v. 1, n. 4, p. 169-178, 2006.