

MeSA COMO MEDIADOR DA COMUNICAÇÃO ENTRE PLANTAS DE SOJA: EFEITOS SOBRE O AJUSTE OSMÓTICO À DISTÂNCIA

**LYANA PINTOS RAMOS¹; SIMONE RIBEIRO LUCHO², DOUGLAS ANTÔNIO POSSO³, STEFANI FERREIRA DIAZ⁴, JOÃO GABRIEL MOREIRA DE SOUZA⁵,
GUSTAVO MAIA SOUZA⁶**

¹Universidade Federal de Pelotas– lyapintos@gmail.com

²Universidade Federal de Pelotas – simonibelmonte@gmail.com

³ Universidade Federal de Pelotas – douglasposso@hotmail.com

⁴ Universidade Federal de Pelotas – stefanidiaz10.sd@gmail.com

⁵ Universidade Federal de Pelotas – joaoomoreirasouza99@gmail.com

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

1. INTRODUÇÃO

No que concerne às plantas, observa-se uma negligência em relação a sua importância individual como um organismo biológico complexo e também ao seu papel ecológico, um fenômeno bem estabelecido, conhecido como “cegueira botânica” ou recentemente, “*plant awareness*” (STAGG; DILON 2022). No entanto, é indiscutível que as plantas são organismos complexos, dotados de mecanismos adaptativos cruciais para a sua sobrevivência, tais como memória, comunicação, atenção e aprendizado, como evidenciado por meio das pesquisas de LEOPOLD, (2014), CALVO et al. (2019) e PARISE et al. (2022).

Durante o seu ciclo de vida, as plantas enfrentam uma série de estresses bióticos e abióticos que colocam em risco sua sobrevivência, incluindo desafios como herbivoria, infecções patogênicas e flutuações climáticas. As plantas possuem a habilidade de modificar sua fisiologia e metabolismo para superar alguns destes efeitos desfavoráveis. Entre estes, está a síntese de compostos de defesa, tais como glicina betaina e prolina, reconhecidos como osmoprotetores (ZULFQAR; AKRAM; ASHRAF; 2020).

De um modo geral, estas modificações ocorrem devido a percepção da planta ao ambiente e quando ela ocorre por meio de um sinal enviado por um organismo emissor, isto pode configurar um sistema de comunicação à distância entre plantas. A comunicação entre plantas pode ocorrer por meio da emissão de compostos orgânicos voláteis (VOCs) (BOUWMEESTER et al. 2019). Os VOCs atuam como um indicativo do estado fisiológico das plantas, mas também podem atuar como sinalizadores.

Um exemplo de VOC é o Metil Salicilato (MeSA), derivado do Ácido Salicílico (AS), que desempenha um papel crucial na transmissão de sinais de defesa (ASHRAF et al. 2023). O MeSA produzido nas plantas em resposta ao estresse ambiental atua por meio de seus efeitos antioxidantes (KOCAÇALIŞKAN et al. 2006) e por vias de sinalização dependentes de AS (BOBA et al. 2017). SHUALEV et al. (1997) demonstraram em plantas de tabaco saudáveis e infectadas, indícios de que o MeSA atua como o primeiro sinal transmitido pelo ar que pode ativar a resistência a doenças nos tecidos saudáveis da planta infectada e vizinhas.

Diante disso, o objetivo do presente estudo é avaliar a comunicação mediada pelo MeSA entre plantas de soja “receptoras” dos sinais de VOCs enviados por plantas de soja “emissoras” que receberam a aplicação direta de MeSA em condições irrigadas ou de déficit hídrico, através da quantificação dos osmoprotetores, prolina e glicina betaina.

2. METODOLOGIA

O experimento foi conduzido em casa de vegetação e a planta utilizada como modelo de estudo foi a soja (*Glycine max* L., cultivar TMG 2359). Após a germinação, as plantas foram colocadas em caixas de acrílico transparentes conectadas par-a-par, por um sistema de fluxo de ar utilizado para permitir a passagem do pool de VOCs de plantas emissoras para as plantas receptoras (Figura 1).

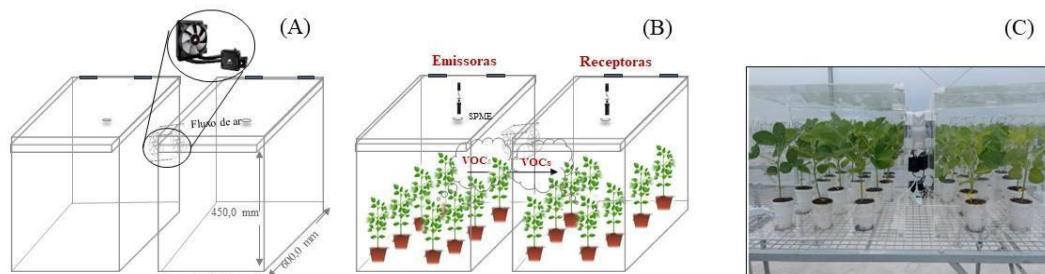


Figura 1. Modelo das caixas (A) contendo as plantas emissoras e receptoras conectadas par-a-par (B e C).

As plantas emissoras dos sinais de VOCs foram expostas a dois fatores, 1- aplicação de 5 mMolar de MeSA, e 2- suspensão da irrigação, com seus respectivos controles (i.e. plantas sem aplicação de MeSA e plantas totalmente irrigadas), totalizando 4 tratamentos. De forma análoga, as plantas receptoras foram sujeitas a dois regimes hídricos, no entanto foram expostas a diferentes pools de voláteis (induzidos ou não) de seus pares emissores.

As plantas cresceram por 22 dias em potes de isopor de 300ml contendo 170 g de substrato, regadas uma ou duas vezes por dia de acordo com a umidade do solo. As plantas emissoras receberam 250 µl de MeSA na concentração de 5 mM (adicionado de Tween 80% - 0,01% v/v) distribuídos uniformemente no primeiro trifólio na parte adaxial da folha, utilizando um aerógrafo. No mesmo dia que receberam o MeSA, houve a suspensão da irrigação nas plantas dos tratamentos com déficit hídrico. Cada tratamento teve 3 repetições e contou com 4 plantas (unidades experimentais) dentro das caixas para análises bioquímicas, em um delineamento fatorial inteiramente casualizado. Depois de 72h da aplicação do MeSA, as folhas das plantas foram coletadas e armazenadas em ultrafreezer para as análises bioquímicas de componentes de ajuste osmótico que estão relacionados a resposta à deficiência hídrica. A quantificação de prolina seguiu o método de BATES et al. (1973), e de glicina betaina conforme GRIEVE; GRATTHAN (1983) com pequenas modificações. Foi utilizado o software de estatística SISVAR 5.0 e os resultados foram submetidos ao teste ANOVA seguido pelo teste de Tukey em $P \leq 0,05$.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com os resultados o conteúdo de prolina (Figura 1A) e glicina betaina (Figura 1B) foi notadamente maior em plantas que receberam o pool de VOCs induzidos pelo MeSA em condições de déficit hídrico, em comparação com plantas que também receberam o MeSA, só que em condições irrigadas. O aumento do conteúdo de prolina e glicina betaina em situações de estresse é constantemente evidenciado na literatura e sugere maior tolerância da espécie às

condições adversas (SHARMA et al. 2019). Sob o ponto de vista bioquímico, esta capacidade protetiva da glicina betaína deve-se a sua habilidade em preservar a integridade da membrana tilacoidal, sustentando uma fotossíntese eficiente (HUANG; ZUO; NI, 2019) e a da prolina em contribuir diretamente para o ajuste osmótico no citoplasma e atividade antioxidante (ZULFQAR; AKRAM; ASHRAF, 2020).

Ao notar níveis mais elevados de osmoprotetores na presença de MeSA e de um fator estressante (déficit hídrico), percebe-se uma alteração bioquímica, mediada pelo MeSA. Neste sentido, além de evidenciar o papel do MeSA sobre a comunicação entre plantas, mostra também a sua capacidade de induzir resposta de defesa em plantas vizinhas, referidas como “receptoras” neste trabalho. Estes resultados corroboram com a definição de comunicação, onde o envio de informações de um emissor para um receptor, resulta na mudança da resposta fisiológica no receptor em acordo com o tipo sinal percebido (SCHENK; SEABLOOM 2010).

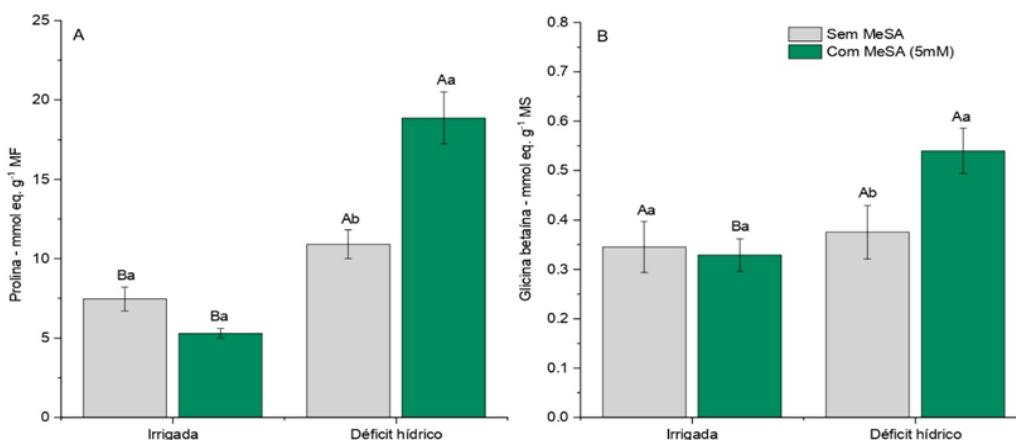


Figura 2. Conteúdo de Prolina (A) e glicina betaína (B) avaliados em plantas de soja “receptoras” dos sinais de VOCs. Colunas com letras maiúsculas diferentes indicam diferenças entre plantas irrigadas e em déficit hídrico, enquanto letras minúsculas diferentes indicam diferenças entre a aplicação ou não de MeSA para a mesma condição hídrica. Diferenças significativas determinadas por ANOVA, seguidas pelo teste de Tukey a $P \leq 0,05$.

Além disso, observa-se um incremento no conteúdo de prolina em plantas que receberam o sinal das plantas emissoras sem MeSA sob déficit hídrico, no entanto, este incremento é cerca de 72% menor, quando comparado às plantas que receberam o sinal de VOCs induzidos pelo MeSA. Os resultados obtidos ressaltam a capacidade do MeSA de atuar como mediador nos processos de comunicação planta-planta em respostas não só a estresses bióticos, como majoritariamente reportado na literatura, mas também abióticos.

4. CONCLUSÕES

O MeSA quando aplicado exogenamente em plantas de soja “emissoras” induz um *pool* de VOCs específico, que permite que as plantas de soja “receptoras” percebam e otimizem a síntese de prolina e glicina betaína em resposta a este sinal e ao déficit hídrico. Assim, nosso trabalho confirma o papel mediador do MeSA sobre a comunicação e também evidencia a sua capacidade em contribuir para a tolerância ao déficit hídrico em plantas de soja.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASHRAF, A. M. et al. New trends in methyl salicylate sensing and their implications in agriculture. **Biosensors and Bioelectronics**, v. 223, p. 115008, mar. 2023.
- BATES, L.S.; WALDREN, R.P.; TEARE, I.D. Rapid determination of free proline for water-stress studies. **Plant Soil**, v. 39, p. 205–207, 1973.
- BOUWMEESTER, H. et al. The role of volatiles in plant communication. **The Plant Journal**, v. 100, n. 5, p. 892–907, dez. 2019.
- BOBA, A. et al. Methyl Salicylate Level Increase in Flax after *Fusarium oxysporum* Infection Is Associated with Phenylpropanoid Pathway Activation. **Frontiers in Plant Science**, v. 7, 20 jan. 2017.
- CALVO, P. et al. Plants are intelligent, here's how. **Annals of Botany**, v. 125, n. 1, p. 11–28, 8 jan. 2020.
- GRIEVE, C. M.; GRATTAN, S. R. Rapid assay for determination of water-soluble quaternary ammonium compounds. **Plant and Soil**, v. 70, n. 2, p. 303–307, jun. 1983.
- HUANG S, ZUO T, NI W. Important roles of glycine betaine in stabilizing the structure and function of the photosystem II complex under abiotic stresses. **Planta**, 2020.
- KOCAÇALIŞKAN, I.; TALAN, I.; TERZİ, I. Antimicrobial Activity of Catechol and Pyrogallol as Allelochemicals. **Zeitschrift für Naturforschung C**, v. 61, n. 9–10, p. 639–642, 1 out. 2006.
- LEOPOLD, A. C. Smart plants: Memory and communication without brains. **Plant Signaling & Behavior**, v. 9, n. 10, p. e972268, 3 out. 2014.
- SCHENK, H. J.; SEABLOOM, E. W. Evolutionary Ecology of Plant Signals and Toxins: A Conceptual Framework. Em: BALUŠKA, F.; NINKOVIC, V. (Eds.). **Plant Communication from an Ecological Perspective**. Signaling and Communication in Plants. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2010. p. 1–19.
- SHARMA, A. et al. Phytohormones Regulate Accumulation of Osmolytes Under Abiotic Stress. **Biomolecules**, v. 9, n. 7, p. 285, 17 jul. 2019.
- SHULAEV, V.; SILVERMAN, P.; RASKIN, I. Airborne signalling by methyl salicylate in plant pathogen resistance. **Nature**, v. 385, n. 6618, p. 718–721, 20 fev. 1997.
- STAGG, B. C.; DILLON, J. Plant awareness is linked to plant relevance: A review of educational and ethnobiological literature (1998–2020). **PLANTS, PEOPLE, PLANET**, v. 4, n. 6, p. 579–592, nov. 2022.
- PARISE AG, de Toledo GRA, Oliveira TFC, Souza GM, Castiello U, Gagliano M, Marder M. Do plants pay attention? A possible phenomenological-empirical approach. **Prog Biophys Mol Biol**. set. 2022.
- ZULFIQAR, F.; AKRAM, N.A; ASHRAF, M. Osmoprotection in plants under abiotic stresses: new insights into a classical phenomenon. **Planta**, 251, v. 3, 2020.