

MEMÓRIA À TOLERÂNCIA CRUZADA DE ESTRESSES ABIÓTICOS EM PLANTAS DE ARROZ (*ORYZA SATIVA* L. CV. NIPPONBARE)

HELIUR ALVES DE ALMEIDA DELEVATTI¹; AUDREY CHRISTINA DO NASCIMENTO²; YUTCELIA CAROLINA GALVIZ FAJARDO³; FRANCINE ZAIOSC SIMMI⁴; GUSTAVO MAIA SOUZA⁵

¹Universidade Federal de Pelotas – heliur_bsb@hotmail.com

²Universidade Federal de Pelotas – audreydadycn@hotmail.com;

³Universidade Federal de Pelotas – yutcecarol@gmail.com;

⁴Universidade Federal de Pelotas - francinezsimm@gmail.com

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

1. INTRODUÇÃO

As plantas são organismos sésseis e modulares e estão constantemente expostas a perturbações do ambiente, que podem ser de natureza abiótica como oscilações de temperatura (calor e frio), estresses hídricos (seca e alagamento) ou biótica (ataque de patógenos e herbivoria), que comprometem sua sobrevivência (HOSSAIN et al. 2018). Para contornar essas perturbações as plantas respondem de diferentes formas para se aclimatar, dentre essas repostas uma pode ser a aquisição de memória (HILKER et al. 2016).

Memória é a habilidade de estocar informações metabólicas das respostas à eventos estressantes anteriores (*priming*) que poderão influenciar uma resposta mais eficiente a um evento recorrente no futuro, de mesma natureza ou natureza diferente do anterior. No entanto, as perturbações ambientais não tendem a ocorrer de forma isolada, mas sim em conjunto aumentando a complexidade das experiências e desafios para a sobrevivência das plantas (TREWAVAS, 2003, 2009). Para isso as plantas respondem com estratégias que possibilitam uma consequente tolerância cruzada a partir da sobreposição das vias de sinalização que coordenam suas respostas fisiológicas (HOSSAIN et al. 2016).

Dentre os processos fisiológicos nas plantas a fotossíntese é o mais afetado pelas perturbações do ambiente, por ser um processo basal para a formação de energia. Das perturbações, a seca é o fator que causa mais efeitos negativos sobre o crescimento e desenvolvimento das plantas, causando um aumento do nível de ácido abscísico (ABA) que leva ao fechamento estomático evitando a desidratação, consequentemente reduzindo a absorção do CO₂, causando perturbações na bioquímica do metabolismo fotossintético, reduzindo a carboxilação e causando danos celulares (FLEXAS et al. 2007; OSAKABE et al. 2014). Já a perturbação de alta temperatura causa danos oxidativos pela peroxidação lipídica reduzindo o crescimento e podendo levar à morte da planta (QU et al. 2013). Ambas as perturbações causam um excesso de energia nos cloroplastos que leva a um aumento da produção de espécies reativas de oxigênio (EROs), levando ao estresse oxidativo (GHOSH e XU, 2014).

A produção de EROs ocorre normalmente nos compartimentos celulares (cloroplasto, citosol, mitocôndria e peroxissomos) durante a fotossíntese e a respiração. Quando produzidas em quantidades moderadas, podem ser moléculas sinalizadoras, em contraparte, ocorrendo aumento excessivo, causam oxidação de estruturas celulares incluindo DNA, proteínas e lipídios (PANDEY et al. 2017). O cloroplasto compreende o sistema Redox mais complexo encontrado nas plantas, e as enzimas APXs (ascorbato peroxidases) controlam os níveis de H₂O₂, protegendo

a maquinaria fotossintética de danos fotooxidativos e de fotoinibição durante o excesso de elétrons produzidos na cadeia transportadora de elétrons, permitindo uma sinalização para a homeostase Redox e outros processos fisiológicos (BUCHANAN, 2016; MITTLER, 2017).

O objetivo do trabalho foi investigar a memória à tolerância cruzada entre os estímulos indutores (*priming*) de alta temperatura ou déficit hídrico, considerando os possíveis efeitos na fotossíntese após um subsequente déficit hídrico em plantas de arroz.

2. METODOLOGIA

O estudo foi realizado no Laboratório de Cognição e Eletrofisiologia Vegetal (LACEV) da Universidade Federal de Pelotas (UFPEL). Para o estudo foram utilizadas plantas de arroz cv. Nipponbare, que foram cultivadas em vasos contendo areia, em sala de cultivo climatizada com temperatura de 28°C, umidade relativa de 80%, irradiância emitida por painéis de LEDs com 450 μmol de fótons $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$, e fotoperíodo de 10/14 horas de luz/escuro, mantidas irrigadas em capacidade de vaso e recebendo solução nutritiva de Hoagland completa.

Quando as plantas atingiram o estágio V5-V6 foram distribuídas em tratamentos: Controle (C - plantas irrigadas), Déficit Hídrico (S – plantas submetidas apenas a um período de déficit hídrico), Alta Temperatura + Déficit Hídrico (TS – plantas submetidas ao *priming* de calor com posterior suspensão da irrigação) e Déficit Hídrico + Déficit Hídrico (SS - plantas submetidas ao *priming* de déficit hídrico com subsequente suspensão da irrigação).

O *priming* de alta temperatura consistiu em um choque térmico de 40°C durante duas horas. Já o *priming* de déficit hídrico foi por suspensão da água e acompanhamento da condutância estomática até valores com cerca de 50% do observado em plantas controle irrigadas. Após os *primings*, as plantas passaram por um período de 24 horas de recuperação nas condições iniciais de cultivo. O segundo período de déficit hídrico, induzido tanto nas plantas que passaram por *priming* de alta temperatura quanto de déficit hídrico, foi estabelecido por suspensão da irrigação até a condutância estomática atingir 50% do valor das plantas controle irrigadas, com posterior recuperação (reidratação) por 72 horas.

Tanto no período do segundo déficit hídrico quanto na recuperação posterior, foi realizada a determinação das trocas gasosas foliares com Analisador de Gases por Infravermelho (Li-6400XT, LI-COR, Lincoln, EUA). Todas as medidas foram feitas sob condições ambientais de 400 μmol mol^{-1} de CO_2 , com uma irradiância de 1800 $\mu\text{mol} \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$, temperatura de 28°C e UR de 80%. Foram medidas as variáveis de taxa de assimilação líquida de CO_2 (A); transpiração (E); condutância estomática (gs) e concentração intercelular de CO_2 (Ci). Também foi calculada a eficiência do uso da água ($\text{EUA} = A/E$); eficiência intrínseca do uso da água ($\text{EIUA} = A/\text{gs}$), eficiência instantânea de carboxilação ($\text{EIC} = A/\text{Ci}$).

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado. Os dados das variáveis foram submetidos à análise de variância (ANOVA one-way), seguido de teste de Tukey a 5% de probabilidade. Os dados foram analisados quanto à normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk e no caso de distribuição não normal, transformados para logaritmo. As análises foram realizadas no Software R (R Core Team, 2019).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas variáveis de trocas gasosas, após o segundo período de déficit hídrico, não houve diferença significativa para a taxa fotossintética (A), transpiração (E) e eficiência instantânea de carboxilação (EIC, A/Ci). Plantas de arroz (Figura 1) que foram submetidas a dois períodos de déficit hídrico apresentaram maior condutância estomática (1A) e concentração intercelular de CO₂ (1B), no entanto se observa que as relações de eficiência intrínseca do uso da água (EIUA, 1C) e eficiência do uso da água (EUA, 1D) são menores, igualando-se a plantas que passaram por somente um único estímulo de déficit hídrico ou com *priming* de alta temperatura.

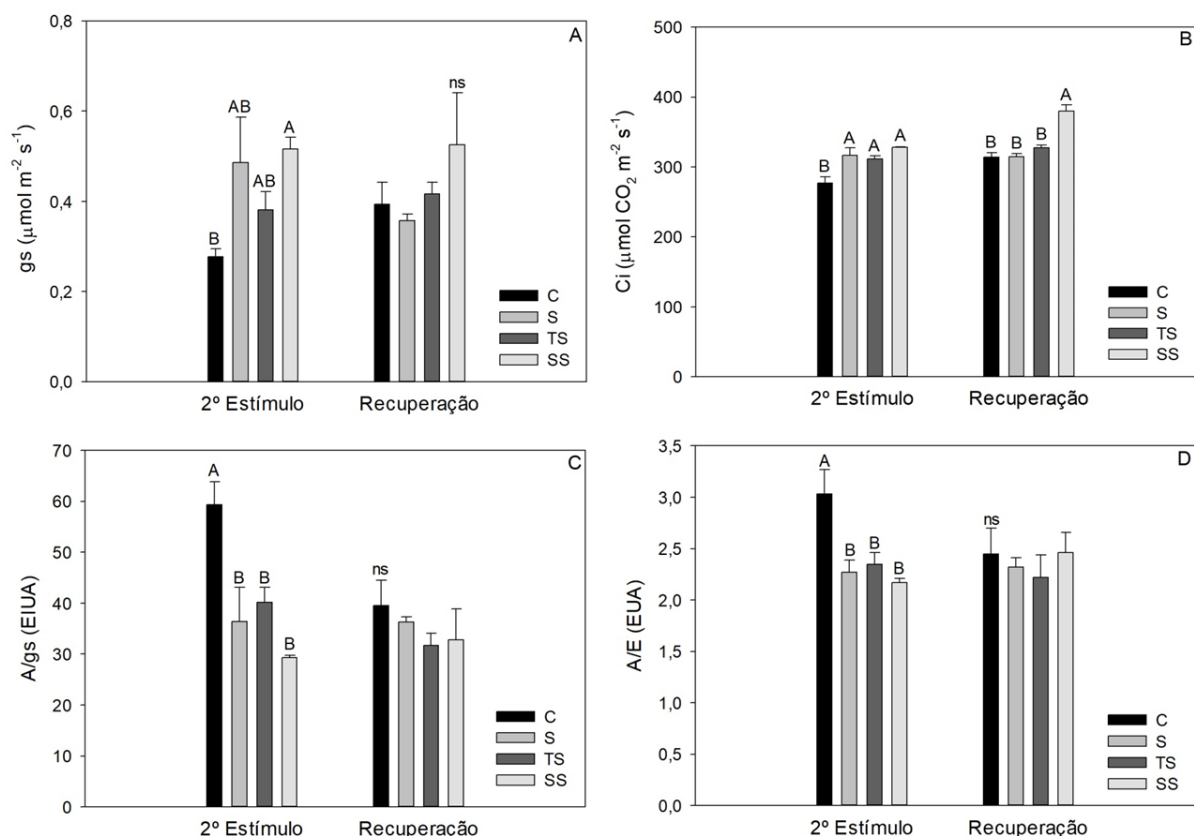


Figura 1. Variáveis de trocas gasosas – condutância estomática (gs, 1A), concentração intercelular de CO₂ (Ci, 1B), eficiência intrínseca do uso da água (EIUA, 1C) e eficiência do uso da água (EUA, 1D) em plantas de arroz após o segundo período de déficit hídrico e após a recuperação. As letras maiúsculas indicam diferenças estatísticas (p < 0,05) entre os tratamentos C (controle), S (déficit hídrico), TS (alta temperatura + déficit hídrico) e SS (déficit hídrico + déficit hídrico) dentro do genótipo; ns – não significativo.

Após o período de recuperação (Figura 1) se observa que as variáveis de trocas gasosas taxa fotossintética (A), condutância estomática (gs, 1A), transpiração (E) e as relações de eficiência instantânea de carboxilação (A/Ci – EIC), eficiência intrínseca do uso da água (A/gs – EIUA; 1C) e eficiência do uso da água (A/E – EUA; 1D) não foram significativas.

Os resultados demonstram que plantas de arroz que passaram por *priming* de alta temperatura e déficit hídrico ou que passaram somente por um período de déficit hídrico apresentaram efeitos negativos na fotossíntese após o segundo evento. No entanto, observa-se que houve uma recuperação dos efeitos causados anteriormente, mantendo-se somente alta a concentração de CO₂ em plantas que

passaram por dois períodos de déficit hídrico. Isso ocorre devido à perturbação do déficit hídrico causar irregularidade na condutância estomática ou até mesmo por uma crescente importância da transpiração cuticular (KRON et al. 2008).

4. CONCLUSÕES

O efeito de *priming* de alta temperatura ou de déficit hídrico desenvolveu nas plantas de arroz uma memória, portanto a aquisição de memória comprometeu a performance fisiológica no segundo evento de estresse, mas não comprometendo a recuperação destas plantas.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AULER, P. A. et al. Molecular responses to recurrent drought in two contrasting rice genotypes. **Planta**, v. 246, n. 5, p. 899-914, 2017.

BUCHANAN, B. B. The path to thioredoxin and redox regulation in chloroplasts. **Annual review of plant biology**, v. 67, p. 1-24, 2016.

FLETA-SORIANO, E.; PINTÓ-MARIJUAN, M.; MUNNÉ-BOSCH, S. Evidence of drought stress memory in the facultative CAM, *Aptenia cordifolia*: possible role of phytohormones. **PLoS One**, v. 10, n. 8, p. e0135391, 2016.

FLEXAS, J. et al. Rapid variations of mesophyll conductance in response to changes in CO₂ concentration around leaves. **Plant, Cell & Environment**, v. 30, n. 10, p. 1284-1298, 2007.

GHOSH, D.; XU, J. Abiotic stress responses in plant roots: a proteomics perspective. **Frontiers in plant science**, v. 5, p. 6, 2014.

HILKER, M. et al. Priming and memory of stress responses in organisms lacking a nervous system. **Biological Reviews**, v. 91, n. 4, p. 1118-1133, 2016.

HOSSAIN, M. A.; BURRITT, D. J.; FUJITA, M. Cross-stress tolerance in plants: molecular mechanisms and possible involvement of reactive oxygen species and methylglyoxal detoxification systems. **Abiotic Stress Response in Plants**, 2016.

HOSSAIN, M. A. et al. Heat or cold priming-induced cross-tolerance to abiotic stresses in plants: key regulators and possible mechanisms. **Protoplasma**, v. 255, n. 1, p. 399-412, 2018.

KRON, A. P.; SOUZA, G. M.; RIBEIRO, R. V. Water deficiency at different developmental stages of *Glycine max* can improve drought tolerance. **Bragantia**, v. 67, n. 1, p. 43-49, 2008.

MITTLER, R. ROS are good. **Trends in plant science**, v. 22, n. 1, p. 11-19, 2017.

OSAKABE, Y. et al. Response of plants to water stress. **Frontiers in plant science**, v. 5, p. 86, 2014.

PANDEY, S. et al. Abiotic stress tolerance in plants: myriad roles of ascorbate peroxidase. **Frontiers in plant science**, v. 8, p. 581, 2017.

QU, A. et al. Molecular mechanisms of the plant heat stress response. **Biochemical and biophysical research communications**, v. 432, n. 2, p. 203-207, 2013.

TREWAVAS, A. Aspects of plant intelligence. **Annals of botany**, v. 92, n. 1, p. 1-20, 2003.

TREWAVAS, A. What is plant behaviour?. **Plant, cell & environment**, v. 32, n. 6, p. 606-616, 2009.