

APLICAÇÃO DE CITOCININAS PARA MITIGAÇÃO DO ESTRESSE SALINO E AUMENTO DA RESILIÊNCIA EM PLANTAS DE ARROZ

TAÍS DA ROSA TEIXEIRA¹; JAQUELINE DA SILVA DOS SANTOS²; GUSTAVO MUNIZ PEREIRA²; GHABRYELI ROSA CASTRO²; SIMONE RIBEIRO LUCHO²; EUGENIA JACIRA BOLACEL BRAGA³

¹Mestranda em Fisiologia Vegetal, PPG em Fisiologia Vegetal/PPGFV – taisteixeira1408@gmail.com

² PPG em Fisiologia Vegetal – Departamento de Botânica/IB-UFPEL

³Professora Titular do Depto. de Botânica/IB - UFPEL – jacirabraga@hotmail.com

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, a agricultura tem enfrentado desafios como temperaturas elevadas, secas frequentes e o aumento da salinização do solo, que afeta cerca de 800 milhões de hectares de terras aráveis, prejudicando a produtividade e o meio ambiente (Acosta-Motos *et al.*, 2017). No Rio Grande do Sul, a salinização do solo e da água de irrigação é um problema crescente, especialmente durante as fases de estabelecimento e, principalmente, na fase reprodutiva da cultura do arroz (*Oryza sativa* L.), influenciando diretamente a variabilidade nos níveis de produtividade (IRGA, 2018).

Sendo um alimento básico para cerca de 2,5 bilhões de pessoas, o arroz tem grande importância no contexto global, com o consumo mundial atingindo 519,2 milhões de toneladas em 2022, com destaque para os países asiáticos como principais consumidores. Contudo, a produtividade das lavouras de arroz é fortemente impactada pela salinização, que pode ser ocasionada por diversos fatores, como o intemperismo de rochas, a salinidade da água do mar e regiões costeiras, a presença de lençóis freáticos salinos e atividades humanas (Carmona, 2011). A irrigação com água salina, especialmente durante a fase reprodutiva do arroz, pode reduzir sua produtividade em mais de 50% (SOSBAI, 2014). O acúmulo excessivo de sais compromete a transpiração, dificulta a absorção de nutrientes essenciais e promove o acúmulo de íons tóxicos, resultando em estresse osmótico e nutricional, além de reduzir a eficiência fotossintética e a produção de biomassa (Carmona, 2011; Rossatto, 2017).

Em ambientes imprevisíveis, condições adversas podem se repetir ao longo do ciclo de vida das plantas. Nesse contexto, é vantajoso que as plantas consigam armazenar informações de eventos passados, aumentando suas chances de sobrevivência quando esses eventos ocorrem novamente (Amaral *et al.*, 2020). Esse mecanismo de adaptação é conhecido como *priming*, no qual as plantas, após uma exposição inicial ao estresse, desenvolvem uma resposta mais eficiente ao estresse recorrente (Kinoshita; Seki, 2014).

Dada a importância da região Sul do Brasil na produção de arroz, é crucial desenvolver estratégias que mitiguem os efeitos negativos da salinidade. O uso de citocininas, hormônios vegetais essenciais no controle do crescimento e desenvolvimento das plantas, destaca-se como uma possível solução. Esses reguladores participam de processos fundamentais, como a regulação da senescência foliar (Wang *et al.*, 2019), e podem ser aplicados durante a germinação (*priming*) e sob estresse salino para aumentar a resiliência das plantas.

O presente estudo tem como objetivo investigar a influência da aplicação exógena de citocininas na resiliência das plantas de arroz ao estresse salino, analisando suas respostas através de parâmetros fisiológicos.

2. METODOLOGIA

Sementes de arroz da cultivar IRGA 424 foram desinfestadas em solução de hipoclorito de sódio a 1% por cinco minutos, lavadas com água destilada e secas. Posteriormente, as sementes foram imersas em benzilaminopurina (BAP) nas concentrações de 0 e 5,0 mg L⁻¹ por 12 horas. Após a imersão, foram desidratadas até atingirem a massa original e germinadas em papel germitest, em três repetições de 100 sementes por tratamento. As plântulas germinadas foram transferidas para vasos de 3L contendo substrato comercial e irrigadas com solução nutritiva Hoagland.

As plantas, no estágio V5, foram divididas em dois grupos: controle (irrigação com solução nutritiva) e salino (100 mM de NaCl). As pulverizações foliares de BAP (0 e 5,0 mg L⁻¹) foram realizadas a cada cinco dias, começando três dias antes da aplicação de sal. O NaCl foi aplicado em duas doses de 50 mM, com intervalo de 24 horas. Os tratamentos incluíram combinações de BAP na germinação, BAP na pulverização e presença ou ausência de sal. Com isso, foram determinados os seguintes tratamentos: G0P0V0 – Ausência de BAP nas sementes, sem pulverização com BAP e ausência de sal no V5; G0P0V1 – Ausência de BAP nas sementes, sem pulverização com BAP e presença de sal no V5; G0P1V0 – Ausência de BAP nas sementes, pulverização com BAP, e ausência de sal no V5; G0P1V1 – Ausência de BAP nas sementes, pulverização com BAP no V5 e presença de sal no V5; G1P0V0 – Presença de BAP nas sementes, sem pulverização com BAP e ausência de sal no V5; G1P0V1 – Presença de BAP de sementes, sem pulverização com BAP e presença de sal no V5; G1P1V0 – Presença de BAP nas sementes, pulverização com BAP e ausência de sal no V5; G1P1V1 – Presença de BAP nas sementes, pulverização com BAP e presença de sal no V5. Após 24 dias de estresse salino, foi realizada a coleta de dados de crescimento e análises bioquímicas. Os dados foram submetidos à análise de variância, e as médias comparadas pelo teste de Tukey.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

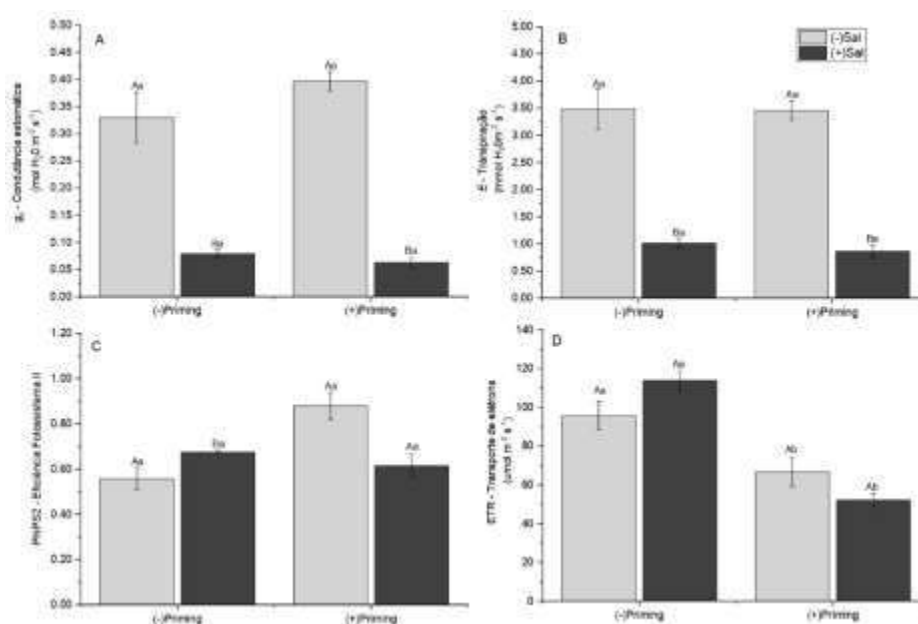
Após a realização do teste de ANOVA, observou-se que os fatores priming na semente e aplicação de sal no estágio vegetativo foram os únicos que apresentaram respostas significativas. A aplicação de citocinina antes do estresse salino não demonstrou diferença significativa nas variáveis analisadas. Portanto, os gráficos apresentados se restringem aos resultados dos fatores que influenciaram de maneira significativa os desfechos avaliados.

As figuras A e B mostram que, tanto em plantas com priming quanto sem priming, a condutância estomática (gs) e a taxa de transpiração (E) são significativamente maiores na ausência de sal, indicando que o estresse salino reduz drasticamente ambos os parâmetros, sem diferenças significativas entre os tratamentos.

Na figura C, as plantas sem priming apresentaram uma eficiência média do Fotossistema II (PSII) levemente maior sob estresse salino, sugerindo que ativaram mecanismos de defesa temporários. Já nas plantas com priming, a eficiência do PSII foi maior na ausência de sal, mas diminuiu significativamente com o sal, mostrando que o estresse salino afeta mais essas plantas.

Na figura D, plantas sem priming apresentaram boa eficiência no transporte de elétrons (ETR), com leve aumento nas que receberam sal, mas sem diferença estatística significativa. Por outro lado, nas plantas com priming, o ETR foi mais baixo na ausência de sal e ainda menor sob estresse salino, evidenciando o impacto negativo do sal, mas sem diferenças estatísticas entre as condições.

Figura 1 – Influência do priming e da salinidade em parâmetros fisiológicos da cultivar IRGA 424. (A) Condutância estomática (g_s), (B) Taxa de transpiração (E), (C) Eficiência do Fotossistema II (Φ_{PSII}) e (D) Transporte de elétrons (ETR) em plantas de arroz. Letras diferentes indicam diferenças significativas entre os tratamentos ($p < 0,05$).



4. CONCLUSÕES

O priming aprimora o desempenho das plantas em condições de ausência de sal, porém não proporciona proteção completa quando estas são submetidas ao estresse salino. Portanto, embora o priming contribua para a mitigação dos efeitos adversos da salinidade, ele não é suficiente para resolver integralmente os problemas associados ao estresse salino no arroz.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACOSTA-MOTOS, JR; ORTUÑO, MF; BERNAL-VICENTE, A.; DIAZ-VIVANCOS, P.; SANCHEZ-BLANCO, MJ; HERNANDEZ, JA. **Plant Responses to Salt Stress: Adaptive Mechanisms**. *Agronomy*, 7, 18. 2018. DOI:10.3390/agronomy7010018.

CARMONA, F. C. **Salinidade da água e do solo e seus efeitos sobre o arroz irrigado no Rio Grande do Sul** / Felipe de Campos Carmona, Ibanor Anghinoni, Eliseu José Weber. – Cachoeirinha: IRGA/Estação Experimental, Seção de Agronomia, 2011. 54 p.: color. (Boletim Técnico, 10). Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/29534/000776595.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

CORTLEVEN A., LEUENDORF J., FRANK M., PEZZETTA D., BOLT S., SCHMULLING T. (2019) **Cytokinin action in response to abiotic and biotic stresses in plants**. Plant Cell Environ 42:998–1018.

GULER, M.; ARSLAN, H.; CEMEK, B.; ERSAHIN, S. **Long-term changes in spatial variation of soil electrical conductivity and exchangeable sodium percentage in mesic ustifluvents irrigated**. AGRICULTURAL WATER MANAGEMENT, v. 135, 2014.

MACHADO, M.O.; TERRES, A.L. **Tolerância de genótipos à salinidade do solo - safra 1994/1995**. Reunião da Cultura do Arroz Irrigado, 21, 1995, Porto Alegre, RS. Anais... Porto Alegre: IRGA, 1995. p. 48-50.

ROSSATTO, T., AMARAL, M. N., B, L. C., VIGHI, I. L., BRAGA, E. J. B. BRAGA, JÚNIOR, A. M. M., MAIA, M. A. C., PINTO, L., S. **Gene expression and activity of antioxidant enzymes in rice plants, cv. BRS AG, under saline**. Revista Physiology and Molecular Biology of Plants. V. 23, p. 865-875, 2017.

SILVA, A., O., KLAR, A., E., SILVA, E., F., F., TANAKA, A., A., JUNIOR, J., F., S. **Relações hídricas em cultivares de beterraba em diferentes níveis de salinidade do solo**: Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental v.17, n.11, p.1143–1151, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662013001100003>.

SOSBAI. Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado. **Recomendações técnicas da pesquisa para o sul do Brasil**. REUNIÃO TÉCNICA DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 30., 6 a 8 ago. 2014, Bento Gonçalves, RS, Brasil. Santa Maria: Sosbai, 2014, 192p.

SCHMIDT. F., FILHO, L. O. V. Agropecuária catarinense, Florianópolis, **Tolerância de cultivares de arroz da Epagri à salinidade da água de irrigação na fase vegetativa**. v.30, n.1, p.89-95, jan./abr. 2017.

WANG W., HAO Q., WANG W., LI Q., CHEN F, Ni W., FU D., WU J., WANG W. (2019) **The involvement of cytokinin and nitrogen metabolism in delayed flag leaf senescence in a wheat stay-green mutant, tasg1**. Plant Sci 278:70–79.

ZHOU M., GHNAYA T., DAILLY H., CUI G., VANPEE B., HAN R., LUTTS S. (2019). **The cytokinin trans-zeatine riboside increased resistance to heavy metals in the halophyte plant species *Kosteletzkya pentacarpos* in the absence but not in the presence of NaCl**. Chemosphere 233:954–965.