

EFEITO DO ESTRESSE SALINO DURANTE O ESTÁDIO REPRODUTIVO EM ARROZ

LUCA LORETO CYRIACO¹; LATÓIA EDUARDA MALTZAHN²; SABRINA SPIERING PASSOS³; JOSIANE VARGAS DE OLIVEIRA MAXIMINO⁴; ANTONIO COSTA DE OLIVEIRA⁵; CAMILA PEGORARO⁶

¹ Universidade Federal de Pelotas – lucalcloreto@gmail.com

² Universidade Federal de Pelotas – latoiaeduarda@gmail.com

³ Universidade Federal de Pelotas – binaspiering@gmail.com

⁴ Universidade Federal de Pelotas – josianemaximino@gmail.com

⁵ Universidade Federal de Pelotas – acostol@gmail.com

⁶ Universidade Federal de Pelotas – pegorarocamilanp@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

O estresse salino é um dos mais significativos fatores abióticos que limitam a produtividade das culturas. O arroz (*Oryza sativa* L.) é sensível à salinidade, e o crescimento e rendimento dessa cultura podem ser significativamente inibidos nessa condição. O estresse salino pode ocorrer em regiões onde o solo originalmente contém altos teores de sal, e em áreas costeiras através da entrada da água do mar nos campos. A situação pode piorar devido às mudanças climáticas, que podem expandir a salinização das áreas costeiras (MITSUYA et al. 2019). No Brasil, problemas com salinidade ocorrem no Rio Grande do Sul, principalmente em regiões costeiras (FRAGA et al. 2010).

O solo é considerado salino quando a condutividade elétrica (CE) $> 4 \text{ dS m}^{-1}$ (SINGH et al. 2021). Sob salinidade ocorre redução do potencial osmótico da solução do solo, reduzindo a captação de água pelas plantas, com efeito similar à seca (estresse osmótico). A exposição à salinidade também causa acúmulo de sais em tecidos das plantas, podendo alcançar níveis tóxicos, reduzindo a captação de nutrientes ou causando desequilíbrio nutricional (estresse iônico) (CASTILLO et al. 2007).

O arroz é mais sensível à salinidade nos estádios de plântula e reprodutivo do que no vegetativo. Entretanto, genótipos que são tolerantes no estádio de plântula nem sempre apresentam tolerância no estádio reprodutivo, indicando que diferentes genes controlam a tolerância em cada estádio (MITSUYA et al. 2019). Em plântulas a alta concentração de sal dificultará a absorção de água e nutrientes, inibirá o crescimento e, finalmente, reduzirá o rendimento de grãos (WANG et al. 2022). A exposição das plantas à salinidade no estádio reprodutivo ocasiona redução da produtividade devido principalmente à esterilidade das espiguetas. Além disso, esse estresse afeta número de espiguetas por panícula, número de ramificações primária e secundárias da panícula, número de grãos por panícula, número de grãos cheios por panícula, peso de grãos da panícula e peso de 1000 grãos (SINGH et al. 2021).

Uma estratégia para lidar com esse problema é o desenvolvimento de variedades de arroz tolerantes à salinidade. Essa abordagem permite melhorar a produtividade nas áreas afetadas e fornecer mais opções aos agricultores (MITSUYA et al. 2019). Nesse sentido, o objetivo desse estudo foi caracterizar a resposta de diferentes genótipos de arroz sob condição de salinidade no estádio reprodutivo, para posterior uso em blocos de cruzamento.

2. METODOLOGIA

Foram avaliados sete genótipos de arroz quanto à resposta à salinidade no estágio reprodutivo. Esses genótipos são provenientes de diferentes empresas de melhoramento. O cultivo foi feito em baldes com capacidade de 12 litros, usando solo de lavoura de arroz e sistema de irrigação com lâmina de água permanente. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, pertencente à Universidade Federal de Pelotas, Capão do Leão, na safra 2021/2022. Os tratos culturais e o manejo fitossanitário foram feitos de acordo com as recomendações técnicas para a cultura do arroz (SOSBAI, 2018). O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, com duas repetições. Cada repetição foi composta por um balde com três plantas de cada genótipo.

O estresse salino foi aplicado quando as plantas estavam em estágio R2 (formação do colar na folha bandeira/emborrachamento) (COUNCE et al. 2000), período variável de acordo com o ciclo de cada genótipo. No momento da aplicação do estresse a água de irrigação foi drenada e 900 mL de solução salina (NaCl 150mM – CE ~ 15 dS m^{-1}) foi aplicado diariamente (LEKKLAR et al. 2019), durante 7 dias. Posteriormente a solução salina foi drenada e a irrigação com água foi reestabelecida até o momento da colheita.

Quando cada genótipo alcançou estágio R7-R8 (matutação fisiológica) (COUNCE et al. 2000), as panículas de cada planta foram colhidas individualmente. Após a secagem, o número de panículas por planta (NPP), o número de panículas estéreis por planta (NPEP) e a porcentagem de esterilidade da panícula principal (EPP) foram avaliados. Consideraram-se panículas estéreis aquelas que apresentavam 100% de grãos vazios.

Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e posteriormente foi feita a comparação de médias pelo teste de Tukey ($p \leq 0.05$), usando o programa WinStat (MACHADO e CONCEIÇÃO, 2002).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância mostrou diferença significativa entre os genótipos para as variáveis analisadas (dados não mostrados).

O período da transição da fase vegetativa para a fase reprodutiva supostamente determina o tamanho e o número de panículas no arroz (PARIDA et al. 2022). Portanto, nesse estudo, o número de panículas não foi impactado pela salinidade, uma vez que o estresse ocorreu no estágio R2, quando aparentemente o número de panículas já estava definido. Além disso, tem sido demonstrado que a salinidade, quando ocorre no estágio vegetativo, não apresenta efeitos sobre número de panículas em arroz (MITSUYA et al. 2019). Dentre os genótipos estudados, o IRGA 424 CL apresenta número de panículas significativamente maior que o IAC 400, os quais não diferem dos demais genótipos (Tabela 1). O rendimento de grãos em arroz é determinado pelo número de panículas por planta, número de espiguetas por panícula, peso de grãos e enchimento de grãos (MITSUYA et al. 2019). O número de panículas por planta varia de acordo com a cultivar, densidade de semeadura e ambiente, sendo observado maior número de panículas em baixas densidades de semeadura. No entanto, uma relação negativa entre número de panículas e número de espiguetas por panícula foi reportado (ZHANG; YAMAGISHI 2010). Dessa forma, deve-se buscar o equilíbrio entre número de panículas por planta e número de grãos por panícula, de modo obter o máximo rendimento de grãos.

Tabela 1. Comparação de médias de caracteres avaliados em sete genótipos de arroz submetidos à salinidade no estágio reprodutivo.

Genótipo	NPP	NPEP	EPP
IRGA 424 CL	14.00 a*	13.00 a	99.07 a
M300/2-267	12.00 ab	5.40 b	52.00 b
SCS 121 CL	11.50 ab	11.50 ab	100.00 a
BRS PAMPEIRA	10.66 ab	8.16 ab	88.72 a
BRS A701 CL	10.33 ab	10.33 ab	100.00 a
BRS A702 CL	9.50 ab	9.00 ab	99.18 a
IAC 400	7.83 b	7.83 ab	100.00 a

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0.05$). NPP – número de panículas por planta; NPEP – número de panículas estéreis por planta; e EPP – esterilidade da panícula principal.

O número de panículas estéreis por planta foi significativamente inferior no genótipo M300/2-267 quando comparado com IRGA 424CL, os quais não diferiram dos demais genótipos. Se as médias de cada genótipo forem avaliadas individualmente, se observa que M300/2-267 não difere significativamente de SCS 121 CL e BRS A701 CL, que apresentam o dobro de panículas estéreis. Esse resultado pode ser explicado pelo elevado desvio padrão observado dentro de cada genótipo (dados não mostrados), que é resultante dos diferentes estádios de desenvolvimento de cada panícula. Embora a aplicação do estresse ocorreu quando a planta estava em R2, algumas panículas poderiam estar em R1 ou R3. Um estudo incipiente sugere que a esterilidade e a redução na formação de sementes em arroz sob salinidade são ocasionadas pela limitação da translocação de carboidratos solúveis em espiguetas primárias e secundárias, acúmulo de mais sódio e menos potássio nas flores, e inibição da enzima envolvida na síntese de amido em grãos em desenvolvimento. Além disso, a redução ou inibição de diferentes constituintes bioquímicos e funções fisiológicas também são responsáveis pela esterilidade (ABDULLAH et al. 2001).

Quando se considera os dados de esterilidade da panícula principal é possível verificar que todos os genótipos foram impactados pela salinidade, sendo o M300/2-267 o que sofreu menor efeito (Tabela 1). Esse genótipo é um mutante em geração M₅, oriundo da cultivar BRS Pampeira submetida à radiação gama (⁶⁰Co), na dose de 300Gy. Com base nesses resultados preliminares sugere-se que o mutante M300/2-267 apresenta melhor tolerância à salinidade no estágio reprodutivo do que a cultivar original e dos demais genótipos testados. Novos estudos serão conduzidos com esse genótipo para caracterizar o nível de tolerância à salinidade durante o estágio reprodutivo.

4. CONCLUSÕES

A ocorrência de estresse salino (NaCl 150 mM) no estágio reprodutivo ocasionou esterilidade nos diferentes genótipos de arroz. Ao que parece, o genótipo M300/2-267 apresenta maior tolerância a essa condição, podendo ser considerado em estudos futuros.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDULLAH, Z.; KHAN, M.A.; FLOWERS T.J. Causes of Sterility in Seed Set of Rice under Salinity Stress. **Journal of Agronomy and Crop Science**. v.187(1), p. 25-32. 2001.
- CASTILLO, E.G.; TUONG, T.P.; ISMAIL, A.M.; INUBUSHI, K. Response to Salinity in Rice: Comparative Effects of Osmotic and Ionic Stresses. **Plant Production Science**. v. 10:2, p. 159-170. 2007.
- COUNCE, P.A.; KEISLING, T.C.; MITCHELL, A.J. A Uniform, Objective, and Adaptive System for Expressing Rice Development. **Crop Science**, v. 40, p. 436-443. 2000.
- FRAGA, T.I.; CARMONA, F.C.; ANGHINONI, I.; GENRO JUNIOR, S.A. Flooded rice yield as affected by levels of water salinity in different stages of its cycle. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v.34, p.175-182. 2010.
- LEKKLAR, C.; PONGPANICH, M.; SURIYA-ARUNROJ, D.; CHINPONGPANICH, A.; TSAI, H.; COMAI, L.; CHADCHAWAN, S.; BUABOOCHA, T. Genome-wide association study for salinity tolerance at the flowering stage in a panel of rice accessions from Thailand. **BMC Genomics**. v.20, n. 76. 2019.
- MACHADO, A.; CONCEIÇÃO, A. R. Programa estatístico WinStat Sistema de Análise Estatística para Windows. Versão 2.0. Pelotas: UFPel, 2002.
- MITSUYA, S.; MURAKAMI, N.; SATO, T.; KAZAMA, T.; TORIYAMA, K.; SKOULDING, N.S.; KANO-NAKATA, M.; YAMAUCHI, A. Evaluation of rice grain yield and yield components of Nona Bokra chromosome segment substitution lines with the genetic background of Koshihikari, in a saline paddy field. **AoB PLANTS**. v. 11 (5), n. plz040. 2019.
- PARIDA, A.K.; SEKHAR, S.; PANDA, B.B.; SAHU, G.; SHAW, B.P. Effect of Panicle Morphology on Grain Filling and Rice Yield: Genetic Control and Molecular Regulation. **Frontiers in Genetics**. v. 13, n. 876198. 2022.
- SINGH, R.K.; KOTA, S.; FLOWERS, T.J. Salt tolerance in rice: seedling and reproductive stage QTL mapping come of age. **Theoretical and Applied Genetics**. v. 134(11), p. 3495-3533. 2021.
- SOSBAI. Arroz Irrigado: Recomendações Técnicas da Pesquisa para o Sul do Brasil. Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado, Cachoeirinha, RS, Brasil. 2018.
- WANG, X.; LI, J.; SUN, J.; GU, S.; WANG, J.; SU, C.; LI, Y.; MAM D.; ZHAO, M.; CHEN, W. Mining Beneficial Genes for Salt Tolerance From a Core Collection of Rice Landraces at the Seedling Stage Through Genome-Wide Association Mapping. **Frontiers in Plant Science**. v. 13, n. 847863. 2022.
- ZHANG, B.; YAMAGISHI, J. Response of Spikelet Number per Panicle in Rice Cultivars to Three Transplanting Densities. **Plant Production Science**, v. 13(3), p. 279-288. 2010.