

VALIDAÇÃO DA LINHAGEM DE ARROZ IRRIGADO SC 806 PARA TOLERÂNCIA A ALTAS TEMPERATURAS NA ANTESE

Paulo Henrique Karling Facchinello¹; Rubens Marschalek²; Alexander de Andrade³; Ester Wickert⁴, Laerte Reis Terres⁵, Ana Caroline Basniak Konkol⁶, Lucas Dutra Pinto Nunes⁷, Natalia Maria de Souza⁸, Luis Sangoi⁹

Palavras-chave: *Oryza sativa*, extremos de temperatura, arroz resiliente, antese, calor

INTRODUÇÃO

A maior variação do desempenho da agricultura é oriunda da influência do clima, sendo os agroecossistemas suscetíveis à ocorrência de mudanças climáticas. Desta forma, as pesquisas do impacto das mudanças climáticas sobre os agroecossistemas são de suma importância para a tomada de decisão na agricultura. A temperatura é um dos elementos climáticos que apresenta maior importância para o crescimento, o desenvolvimento e a produtividade na cultura do arroz (*Oryza sativa* L.). (SOUZA, 2020)

O estágio reprodutivo é o que apresenta maior sensibilidade a temperaturas extremas. Quando temperaturas elevadas (>35º C) ocorrem na fase da antese, período especialmente sensível, estas podem causar esterilidade de espiguetas e, conseqüentemente, diminuição da produtividade de grãos (SOUZA, 2020). Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS, 2021) a temperatura global tem se elevado ao longo dos anos em decorrência do efeito estufa. Este aumento da temperatura média na cultura do arroz pode reduzir a produção de grãos em média até 30%, dependendo do genótipo que está sendo utilizado (SREENIVASULU et al., 2015).

Sabe-se que a melhor ferramenta para solucionar ou reduzir este problema é a busca por genótipos superiores que apresentem alelos de tolerância ou resistência às temperaturas elevadas. Os programas de melhoramento têm trabalhado no tema, selecionando e desenvolvendo genótipos promissores com esta característica, como Nagina22 (MOURA, 2017) e SC 806, ambos com menores perdas (esterilidade) quando submetidos a altas temperaturas (SOUZA, 2020).

Neste sentido, o Programa de Melhoramento Genético de Arroz da Epagri, tem realizado diversas pesquisas comparando linhagens e cultivares submetidas a estresses de temperaturas na fase reprodutiva (MARSCHALEK et al., 2019b; STÜRMER et al., 2019; SOUZA, 2020). Este trabalho teve por objetivo avaliar o efeito de temperaturas elevadas durante um período de quatro dias na antese sobre o desempenho da linhagem promissora de arroz irrigado SC 806 (Epagri/Embrapa), buscando validar a tolerância ao estresse causado pelo calor, já evidenciada em experimentos anteriores.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Epagri – Estação Experimental de Itajaí – EEI, durante o ano agrícola 2021/22. A implantação do ensaio foi realizada em baldes (unidades experimentais) com

¹ Agrônomo, Dr. Bolsista Pós-Doc CNPq na EPAGRI Estação Experimental de Itajaí & UDESC/CAV phfacchinello@gmail.com

² Agrônomo, Dr., Epagri – Estação Experimental de Itajaí, Rod Antônio Heil n. 6800, 88318-112, Itajaí, SC, Brasil rubensm@epagri.sc.gov.br.

³ Agrônomo, Dr., Epagri alexanderdeandrade@epagri.sc.gov.br.

⁴ Agrônomo, Dr., Epagri esterwickert@epagri.sc.gov.br.

⁵ Agrônomo, Dr., Epagri laerteterres@epagri.sc.gov.br.

⁶ Estudante Agronomia UFSC, anacarolinebkonkol@gmail.com

⁷ Estudante Agronomia UFV lucasdpn@gmail.com

⁸ Agrônomo, Dra., naty_natynatalia@hotmail.com

⁹ Agrônomo, Dr. Prof. UDESC/CAV – Universidade do Estado de Santa Catarina luis.sangoi@udesc.br

capacidade de acondicionar 8 kg de solo. Os tratamentos foram dispostos no delineamento experimental inteiramente casualizado e quatro repetições de cada tratamento. Foi utilizado a linhagem elite SC 806 (já registrada no MAPA), em dois tratamentos. O primeiro tratamento (tratamento testemunha) cultivado em condições normais de casas de vegetação sem estresse de temperatura, e o segundo tratamento (tratamento térmico) com período de temperaturas altas.

A semeadura foi realizada na data de 03/11/2021 utilizando sementes pré-germinadas. As plantas foram conduzidas até a fase da antese (R3-R4), o que ocorreu de 07 a 09 de fevereiro de 2022. O experimento foi composto por 8 unidades experimentais (baldes), cada um deles com uma planta de arroz. Os 8 baldes (8 plantas) foram divididos em dois grupos, sendo um deles o grupo testemunha (4 baldes), e o outro, o grupo que seria mantido sob estresse (4 baldes) na câmara de crescimento com controle de temperatura, umidade, luminosidade (Instalafrio, Pinhais, PR), monitoradas pelo software Sitrad.

Desta forma, as 4 plantas (4 baldes) do segundo tratamento (estresse térmico por calor) foram introduzidas na câmara de crescimento assim que a primeira panícula de cada planta estava sendo emitida (exsurgência) na fase da antese (R3). Ao adentrar a câmara, cada uma das 4 plantas foi submetida por quatro dias a temperaturas diurnas 38°C. A temperatura noturna foi 8°C menor que a diurna, portanto, 30°C. Durante a aplicação do estresse térmico, o fotoperíodo foi de 12 horas de luz (dia)/12 horas de escuro (noite). Para o tratamento testemunha, também composto de 4 baldes (4 plantas), foi mantida a temperatura média ambiente de 25°C, em casa de vegetação, condições estas asseguradas por um sistema de aquecimento e refrigeração monitorado por sensores ligados à painéis controlados pelo software Sitrad.

A colheita dos tratamentos foi realizada em 04/04/2022, sendo a planta de cada balde foi colhida individualmente. As unidades experimentais (baldes=plantas) foram debulhadas manualmente. Através de um soprador com ar forçado, foram separadas as espiguetas cheias e vazias, as quais foram contadas com o auxílio do contador de grãos Sanick ESC 2008 e, posteriormente, pesadas. Em relação à adubação e aplicação de agroquímicos, todos os tratamentos receberam as mesmas doses e produtos, de acordo com as recomendações da Sosbai (2018) para a cultura do arroz, visando otimizar o crescimento e o desenvolvimento das plantas.

As avaliações realizadas foram: esterilidade de espiguetas (EST, %), através da contagem das espiguetas cheias e vazias e transformação dos dados em percentual de espiguetas vazias em relação ao total de espiguetas (cheias e vazias); produção de grãos por planta (PGP, g), pela pesagem dos grãos cheios de cada tratamento; e a avaliação da tolerância ou suscetibilidade dos genótipos à ocorrência de altas temperaturas, pela comparação dos resultados comparativos entre o tratamento que contava com a aplicação do estresse térmico e o tratamento testemunha.

Os dados obtidos foram avaliados estatisticamente através da técnica de análise de variância ao nível de significância de 5% ($P < 0,05$), utilizando o programa estatístico GENES (CRUZ 2006). Quando significativas, as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a análise de esterilidade de espiguetas não foi observada diferença significativa entre os tratamentos para a linhagem SC 806 (Tabela 1), resultando em médias muito similares, ou seja, de 19,2% quando a linhagem foi submetida ao estresse de temperatura, e 14,5% para o tratamento testemunha (sem estresse). Desta forma, confirmou o padrão de tolerância já obtido por Souza (2020 p.76), que também não obteve aumento significativo de esterilidade da SC 806 sob 38°C na antese em comparação com a sua testemunha (sem estresse por calor). Neste mesmo experimento (“Época 2”) (SOUZA, 2020 p.76), no qual se avaliaram 12 genótipos, dentre os quais testemunhas como as cultivares SCS116 Satoru, SCS121 CL, Epagri 109, SCS122 Miura, e a SCSBRS

Tio Taka, estas apresentaram esterilidades variando de 46, 36,7, 34,5, 25,4 e 54,6% respectivamente quando submetidos à 38°C na antese, enquanto a linhagem SC 806 apresentou apenas 11,6% de esterilidade, diferindo estatisticamente das testemunhas citadas, demonstrando sua tolerância, em consonância com a tolerância também encontrada no presente estudo (Tabela 1).

A deiscência das anteras é a fase da antese mais sensível à altas temperaturas pois influencia diretamente o total de grãos de pólen que atingirão o estigma (MATSUI et al., 1997). Jagadish et al. (2010) explica que a fertilidade das espiguetas é altamente correlacionada com o número de grãos de pólen germinados no estigma, e conforme aumenta a temperatura menor é o número de grãos de pólen viáveis. Além disso, o sistema de defesa das plantas apresenta similaridade na resposta frente ao estresse térmico por extremos de temperatura, como tentativa de superar os danos impostos pelo calor ou frio excessivos (JAGADISH et al., 2010). Estas defesas correspondem às proteínas de choque térmico (HSPs), desta forma, o grupo de genes específicos codifica essas proteínas quando submetidas ao estresse térmico, em detrimento das proteínas sintetizadas em condições normais, indicando a existência de uma correlação entre a presença das proteínas HSPs e a aquisição de termo-tolerância nas plantas (SOUZA, 2020 apud MIRINDA et al. 1997).

Para o caráter produção de grãos por planta (g) a análise de variância foi significativa a 5% de probabilidade estatística (Tabela 1), desta forma, o teste de comparação de médias de Tukey, demonstrou que o tratamento da linhagem SC 806 submetido ao estresse por calor na antese, obteve média superior de produção de grãos em comparação com a testemunha sem estresse. Estes resultados coincidem com parte de resultados de dois experimentos anteriores, nas quais a linhagem SC 806 apresentou destacado desempenho na produção de grãos quando exposta a altas temperaturas (38°C) na antese (SOUZA, 2020 p.76).

Além disso, cabe ressaltar ainda, que em trabalhos conduzidos por Marschalek et al. (2015; 2017; 2019a) a SC 806 destacou-se em produtividade na situação de campo em locais de elevada altitude, sujeitos a outro extremo, a saber, o de baixas temperaturas. A SC 806 também se notabilizou na tolerância as baixas temperaturas na fase de microesporogênese nos trabalhos de Stürmer et al. (2019). Possivelmente isto sugere que na SC 806 pode ter havido a confluência de um sistema de defesa e grupos de genes que contribuam para tolerância aos extremos de temperatura durante o período reprodutivo, tanto para frio quando para calor (SOUZA, 2020).

Desta forma, tais resultados da linhagem SC 806 trazem uma excelente expectativa, agregando ainda mais valor aos seus atributos agrônômicos, de qualidade de grão e produtividade, tornando a mesma uma candidata para lançamento como cultivar comercial (com data prevista para safra 2023/2024).

Ressalta-se a importância de futuros trabalhos para identificação dos alelos presentes na linhagem SC 806 por métodos biotecnológicos e moleculares, os quais eventualmente facilitariam avanços significativos para obtenção de novos genótipos tolerantes, utilizando-se cruzamentos e seleção assistida por marcadores, facilitando o progresso genético de arroz irrigado para o Estado.

CONCLUSÃO

Diante deste estudo e por demais dados históricos de estudos desta linhagem, pode-se validar a linhagem de arroz irrigado SC 806 como resiliente às altas temperaturas na fase reprodutiva de antese (até o limite de 38°C), podendo vir a constituir-se numa excelente ferramenta da orizicultura catarinense, auxiliando na garantia da segurança alimentar frente aos desafios impostos pelas mudanças climáticas e seus extremos de temperatura.

AGRADECIMENTOS

Agradecimento a agência de fomento CNPq. À UDESC/CAV, pela longa parceria nos estudos. Aos assistentes de pesquisa da EPAGRI EEI Itajaí, especialmente Samuel Batista dos Santos e Geovani Porto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CRUZ, C. D. Programa Genes - Aplicativo Comput. em Genética e Estatística. VIÇOSA, UFV, 1997. v1. 442 p.
- JAGADISH, S. V. K. et al. Physiological and proteomic approaches to address heat tolerance during anthesis in rice (*Oryza sativa* L.). *Journal of Experimental Botany*, Oxford, v. 61, n. 1, p. 143-156, 2010.
- MARSCHALEK, R., ROZZETTO, D. S., ANDRADE, A., & WICKERT, E. Avaliação de genótipos de arroz irrigado em região de elevada altitude, sujeitos a baixas temperaturas 2013/14 - 2014/15. *Anais CBAI*, 116-19, 2015.
- MARSCHALEK, R.; HICKEL, E. R.; STÜRMER, F. W. Avaliação da produtividade de cultivares e linhagens de arroz irrigado em região de altitude, sujeita a baixas temperaturas, 2015/16-2016/17. *Anais CBAI*, 1-4, 2017.
- MARSCHALEK, R., SOUZA, N. M., WICKERT, E., ANDRADE, A., TERRES, L. R., MASSIGNAM, A. M., RICCE, W. S., SANGOI, L. Produtividade de cultivares e linhagens de arroz irrigado em região de altitude, sujeita a baixas temperaturas, safras 2017/18 e 2018/19. *Anais do CBAI*. 129-132, 2019a.
- MARSCHALEK, R., ERDMANN, L. F., ROZZETTO, D. S. Esterilidade e peso de grãos em genótipos de arroz irrigado sob condições controladas de baixa temperatura: microsporogênese e antese. *Anais CBAI*. 4p 2019b.
- MATSUI, T., NAMUCO, O. S., ZISKA, L. H., HORIE, T. Effects of high temperature and CO₂ concentration on spikelet sterility in Indica rice. *Field Crops Research* v.51, p.213–219. 1997.
- MOURA, Diogo da Silva. Aspectos fisiológicos e morfológicos de genótipos de arroz em resposta ao estresse térmico. 101f. Tese (doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Fisiologia Vegetal, Instituto de Biologia, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2017.
- OMS. WHO health and climate change global survey report. Geneva: Organização Mundial da Saúde; 2021.
- SOSBAI – Sociedade sul-brasileira de arroz irrigado. Arroz irrigado: Recomendações técnicas da pesquisa para o sul do Brasil. Sosbai, Cachoeirinha, 2018. 205p.
- SOUZA, N. M., MARSCHALEK, R., SANGOI, L., WEBER, F. S. Spikelet sterility in rice genotypes affected by temperature at microsporogenesis. *R. Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 21, 817-821, 2017.
- SOUZA, N. M. Estresse por altas temperaturas na antese em genótipos de arroz irrigado. 2020. 118f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal). CAV, Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, SC, 2020.
- SREENIVASULU, N. et al. Designing climate-resilient rice with ideal grain quality suited for high-temperature stress. *Journal of Experimental Botany*, Oxford, v. 66, n. 7, p. 1737-1748, 2015.
- STÜRMER, F. W., MARSCHALEK, R., SANGOI, L., SOUZA, N. M., SANTOS, S. B. Esterilidade e produção de grãos de genótipos de arroz irrigado submetidos à baixa temperatura na fase de microsporogênese. In: Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado, 2017, Gramado. *Anais X CBAI*. Gramado: SOSBAI, 2017. p. 1-4.
- STÜRMER, F. W., MARSCHALEK, R., SANGOI, L., SOUZA, N. M. Esterilidade de espiguetas e produção de grãos de genótipos de arroz irrigado submetidos a baixas temperaturas na microsporogênese. *Revista Agropecuária Catarinense*, 32, 57-61, 201

Tabela 1. Análise de variância e teste de comparações de médias de Tukey no experimento de validação da linhagem SC 806 para tolerância a estresses de temperaturas na antese

ANOVA		PGP (g)		EST (%)	
FV	GL	QM	QM	QM	QM
TRATAMENTOS	1	635.64**		44.23 ^{ns}	
RESÍDUO	8	40.59		11.02	
MÉDIA		56.02		16.89	
CV (%)		11.37		19.65	
Tukey (5%)		PGP (g)		EST (%)	
SC 806 sob Calor		64.94a		19.25a	
SC 806 testemunha		47.11b		14.54a	