

AVALIAÇÃO DE LINHAGENS DE ARROZ IRRIGADO EPAGRI SUBMETIDAS A ESTRESSE DE FRIO NA MICROSPOROGÊNESE

Paulo Henrique Karling Facchinello¹; Rubens Marschalek²; Laerte Reis Terres³, Alexander de Andrade⁴; Ester Wickert⁵, Ana Caroline Basniak Konkol⁶, Lucas Dutra Pinto Nunes⁷, Luis Sangoi⁸

Palavras-chave: *Oryza sativa*, tolerância, arroz resiliente, baixa temperatura

INTRODUÇÃO

Para o arroz (*Oryza sativa* L.), diferenças na amplitude das extremidades de temperatura são muito significativas, principalmente por já estar sendo cultivado em áreas nas quais a temperatura já é limítrofe para o seu crescimento e desenvolvimento. Desta forma, qualquer que seja a mudança na temperatura, tanto diurna, quanto noturna, ou a exposição a baixas ou altas temperaturas durante estádios fenológicos sensíveis resulta em redução da produtividade e qualidade do arroz (SHI et al., 2017).

Os estádios críticos na fase reprodutiva do arroz afetados pelas mudanças de temperaturas são a microsporogênese (processo de formação de esporos, grãos de pólen, em órgãos sexuais masculinos de uma planta) e a antese (abertura das flores). Temperaturas baixas afetam sobremaneira a produtividade do arroz irrigado, e não raro estes fenômenos ocorrem no sul do país, especialmente em regiões de altitude mais elevada (Alto Vale do Itajaí), mesmo no verão. A Sosbai (2018) indica que a faixa crítica para induzir esterilidade no arroz é de 15 a 17^o C para genótipos tolerantes ao frio, e seria de 17 a 19^o C para os mais sensíveis.

A busca por genótipos que apresentem alelos de tolerância ou resistência a temperaturas baixas é uma excelente ferramenta para amenizar este problema, na qual diversos programas de melhoramento têm envidado esforços (CRUZ et al, 2000; MARSCHALEK et al., 2015; 2017; 2019; STÜRMER et al., 2019). Neste sentido, o Programa de Melhoramento Genético de Arroz Irrigado da Epagri, tem realizado diversas pesquisas comparando linhagens e cultivares submetidas a estresses de temperaturas na fase reprodutiva. Este trabalho teve por objetivo avaliar o efeito de temperaturas baixas durante um período de três dias na microesporogênese sobre o desempenho das linhagens elite de arroz irrigado, buscando comparar a tolerância das mesmas ao estresse causado pelo frio.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Epagri – Estação Experimental de Itajaí-SC – EEI, durante o ano agrícola 2021/22. A implantação do ensaio foi realizada em baldes (unidades experimentais) com capacidade de acondicionar 8 kg de solo. Os tratamentos foram dispostos no delineamento experimental inteiramente casualizado e três repetições de cada tratamento. Foram utilizados sete genótipos de arroz irrigado (SC 806, SCS116 Satoru, SC 1032, SC 817, SC 1029, SC 911 e SC 1026) em dois tratamentos. O primeiro tratamento (tratamento testemunha) cultivado em condições normais de casas de vegetação sem estresses de temperatura e o segundo tratamento

¹ Agrônomo, Dr. Pós-Doc CNPq na EPAGRI-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 laerteterres@epagri.sc.gov.br

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

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

⁶ Agrônomo, Estudante de mestrado em Agronomia UFV, anacarolinebkonkol@gmail.com

⁷ Estudante de agronomia UFV lucasdpn@gmail.com

⁸ Agrônomo, Dr. Prof. UDESC/CAV luis.sangoi@udesc.br

(tratamento térmico) com período de temperaturas baixas aplicado em fase específica por tempo limitado.

A semeadura foi realizada na data de 11/10/2021 utilizando sementes pré-germinadas. As plantas foram conduzidas até a fase da microsporogênese (R2 "emborrachamento"). O experimento foi composto por 42 unidades experimentais (baldes), cada um deles com uma planta de arroz. Os 6 baldes (6 plantas) de cada genótipo foram divididos em dois grupos, sendo um deles o grupo testemunha (3 baldes), e o outro, o grupo que seria mantido sob estresse (3 baldes) na câmara de crescimento com controle de temperatura, umidade, luminosidade (Instalafrio, Pinhais, PR), monitoradas pelo software Sitrad.

Desta forma, as 3 plantas (3 baldes) do segundo tratamento (estresse térmico por frio) foram introduzidas na câmara de crescimento assim que o primeiro perfilho da planta iniciava a fase da microsporogênese - formação do grão de pólen (emborrachamento), esta fase era identificada com base na distância entre a lígula da folha bandeira e a lígula da penúltima folha. Esta distância deve ser compreendida entre 3 cm (lígula da folha bandeira 3 cm abaixo da penúltima lígula da folha) e 10 cm (lígula da folha bandeira 10 cm acima da penúltima lígula da folha) (Zaffari et al., 2014). Ao adentrar a câmara, cada uma das 3 plantas foi submetida por três dias a temperaturas diurnas 15°C e noturna de 12°C, com um fotoperíodo de 12 horas de luz (dia)/12 horas de escuro (noite). O tratamento testemunha, também composto de 3 baldes (3 plantas), foi mantido 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 controlados pelo software Sitrad.

A colheita dos tratamentos foi realizada em 04/04/2022, sendo a planta de cada balde 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 baixas temperaturas, pela comparação dos resultados com a aplicação do estresse térmico e suas respectivas testemunhas.

Os dados foram avaliados estatisticamente através de análise de variância ao nível de significância de 5%, utilizando o programa GENES (CRUZ 2006). Quando significativas, as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Scott Knott ao nível de significância de 5%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através da análise de esterilidade de espiguetas foi observada diferença significativa entre os genótipos, bem como, para os ambientes (testemunha e tratamento térmico) avaliados (Tabela 1), demonstrando que alguns genótipos se sobressairam e diferiram-se dos demais frente ao estresse. Para o caráter PGP, observou-se diferença significativa apenas entre os ambientes estudados, na qual os genótipos apenas se diferenciaram no tratamento testemunha (sem estresse), não sendo induzidas diferenças quando submetidos ao ambiente de frio na microsporogênese. Os níveis de coeficiente de variação (CV%) apresentaram-se adequados para experimentação agrícola, sendo de 30,25% para PGP e 18,94% para EST, demonstrando uma confiança estatística nos dados dos caracteres avaliados.

Tabela 1. Análise de variância no experimento de avaliação de linhagens elite de arroz irrigado do programa de melhoramento genético da Epagri para tolerância a estresses de baixas temperaturas na microsporogênese

FV	GL	QM PGP		QM ESTERILIDADE	
GENÓTIPO	6	459.23	ns	1674.76	**
AMBIENTE	1	2150.58	*	3729.76	**
GENXAMB	6	263.25	**	86.68	ns
RESÍDUO	28	68.78		72.47	
MÉDIA		27.42g		44.94%	
CV(%)		30.25		18.94	

FV – fontes de variação; GL – graus de liberdade; QM – quadrado médio; PGP – produção grãos por planta.

Desta forma, realizou-se o teste de agrupamento de médias Scott Knott (Tabela 2), para ambos os caracteres. As linhagens SC 911 e SC 1032 produziram menor peso de grãos por planta (PGP) quando submetidas ao teste de frio na microsporogênese; as demais linhagens não diferenciaram quando a PGP entre testemunha e tratamento de frio. Contudo, a SC 1032 juntamente com a SC 806, SC 911 e SC 817, obtiveram os menores valores de esterilidade de grãos (EST), sendo classificadas como de maiores tolerâncias a baixas temperaturas na fase reprodutiva.

Tabela 2. Teste de agrupamento de médias Scott Knott em linhagens elite de arroz irrigado do programa de melhoramento genético da Epagri para tolerância a estresses de baixas temperaturas na microsporogênese

GENÓTIPO	FRIO				TESTEMUNHA				FRIO				TESTEMUNHA			
	PESO DE GRÃO CHEIO POR PLANTA(g)								ESTERILIDADE (%)							
SCS 116 Satoru	10.33	a	A	18.89	c	A	79.10	a	A	58.25	a	B				
SC 806	19.76	a	A	22.48	c	A	46.93	c	A	24.50	b	B				
SC 1032	26.84	a	B	41.43	b	A	40.31	d	A	32.56	b	A				
SC 817	32.96	a	A	40.32	b	A	29.95	d	A	12.79	b	B				
SC 1029	14.81	a	A	26.79	c	A	71.11	a	A	52.94	a	B				
SC 911	14.89	a	B	57.94	a	A	53.90	c	A	21.83	b	B				
SC 1026	22.25	a	A	34.16	c	A	59.22	b	A	45.70	a	A				

Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas na HORIZONTAL constituem grupo estatisticamente homogêneo. Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na VERTICAL constituem grupo estatisticamente homogêneo

Cabe ressaltar, que os resultados obtidos corroboram com o já exposto por Stürmer et al. (2017; 2019), onde os mesmos genótipos SC 806 e SC 817 destacaram-se frente à ocorrência de baixas temperaturas na microsporogênese. Esta baixa esterilidade, tanto em condições de submissão ao estresse por frio, como na ausência de estresse, demonstram a estabilidade desses materiais frente a diferentes regimes térmicos, podendo ser considerados genótipos promissores, candidatos a futuros lançamentos como cultivares (STÜRMER et al., 2019). Isso permitiria a utilização destas linhagens em regiões propensas a períodos de frio durante o cultivo do arroz, como as regiões do médio e alto vale de Santa Catarina com altitudes elevadas.

Considera-se que os genótipos que apresentaram valores de esterilidade acima de 50%, esterilidade, são considerados suscetíveis a estresses por temperaturas baixas. A esterilidade de espiguetas compõe uma importante variável de componentes da produção em arroz irrigado, como regra, quanto menor a esterilidade de espiguetas maior é a produtividade de grãos obtida pela cultura (STÜRMER 2018). Vale ressaltar, que não apenas o frio é determinante para o percentual de grãos estéreis na cultura do arroz, os genótipos estão sujeitos a outros fatores ambientais como ataques de pragas e doenças que podem elevar estes resultados.

Destaca-se ainda, que tais resultados reforçam que a linhagem SC 806 possui tolerância a extremos de temperaturas, tanto para frio, quanto para calor, já apontados por diferentes trabalhos da parceria Epagri e UDESC/CAV (SOUZA et al., 2017; SOUZA 2020; MARSCHALEK et al.,

2017; MARSCHALEK et al., 2019b; STÜRMER et al., 2017; STÜRMER et al., 2019).

Se faz ainda importante a continuidade destes trabalhos para identificação de novos genótipos e dos alelos presentes para os caracteres de tolerância a extremos de temperatura, para obtenção de ganhos genéticos ainda mais significativos, para o desenvolvimento ainda maior da cadeia produtiva de arroz irrigado brasileira, promovendo segurança alimentar.

CONCLUSÃO

Diante deste estudo e por demais dados históricos de estudos destas linhagens, pode-se afirmar que as linhagens de arroz irrigado SC 806, SC 1032 e SC 817 como resiliente à baixas temperaturas na fase reprodutiva de microsporogênese, tornando-se uma excelente ferramenta diante das mudanças climáticas em curso para a cadeia produtiva orizícola de Santa Catarina.

AGRADECIMENTOS

Agradecimento a agência brasileira de fomento a pesquisa CNPq. À UDESC/CAV, pela longa parceria nos estudos. Aos assistentes de pesquisa da EPAGRI Itajaí, em especial à Samuel Batista dos Santos

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CRUZ, C. D. Programa Genes - Aplicativo Comput. em Genética e Estatística. VIÇOSA, UFV, 1997. v1. 442 p.
- CRUZ, Renata Pereira da; MILACH, Sandra Cristina Kothe. Melhoramento genético para tolerância ao frio em arroz irrigado. *Cienc. Rural*, Santa Maria, v. 30, n. 5, p. 909-917, Oct. 2000.
- 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 debaixo temperatura microsporogênese e antese. *Anais CBAI*. 4p 2019b.
- SHI, W.; XIAO, G.; STRUIK, P. C.; JAGADISH, K. S.; YIN, X. Quantifying source-sink relationships of rice under high night-time temperature combined with two nitrogen levels. *Field Crops Res.* v.202, p.36–46. 2017.
- 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.
- STÜRMER, F. W. Tolerância a baixas temperaturas durante o estabelecimento e microsporogênese em genótipos de arroz irrigado. 107f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal). CAV, Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, SC, 2018.
- 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, 2019
- ZAFFARI, G. R.; SCHEUERMANN, K. K.; MARSCHALEK, R.; MEDEIROS, D. S.; ANDRADE, A. DE. Protocol to produce double haploid plants of rice genotypes from the sub-specie Indica by the anther culture. *Plant Cell Culture & Micropropagation*, v.10, p.32-40, 2014.