

AVALIAÇÃO DE GENÓTIPOS DE ARROZ IRRIGADO EM REGIÃO DE ELEVADA ALTITUDE, SUJEITA A BAIXAS TEMPERATURAS 2013/14 - 2014/15

Rubens Marschalek¹; Diane Simon Rozzetto²; Alexander de Andrade³; Ester Wickert⁴

Palavras-chave: *Oryza sativa*, frio, estresse abiótico, melhoramento genético, produtividade

INTRODUÇÃO

Oryza sativa é uma espécie de origem tropical, cultivada em diversas regiões do mundo, sob diferentes condições climáticas e sistemas de produção. Devido à extensa área geográfica na qual é cultivada, está sujeita a temperaturas desfavoráveis durante seu desenvolvimento. Na região sul do Brasil, principal produtora brasileira de arroz a ocorrência de baixas temperaturas durante as fases críticas de desenvolvimento está relacionada a oscilações na produtividade (STEINMETZ et al., 2005). Quando o frio ocorre na fase de implantação da cultura, observam-se falhas no estande. Se ocorrer na fase reprodutiva, aumenta o índice de esterilidade das espiguetas, o que poderia ser amenizado pela utilização de cultivares tolerantes.

Santa Catarina é responsável por grande parte do cultivo nacional de arroz, sendo a Região do Alto Vale do Itajaí é uma importante região produtora. Os cultivares disponibilizados pela Epagri nos últimos anos tem um potencial produtivo superior a 10 t ha⁻¹, e embora a produtividade média de arroz na referida região seja elevada, existem alguns fatores que podem limitá-la, entre eles está a ocorrência de baixas temperaturas na fase reprodutiva. A temperatura limite tolerada pelo arroz na fase reprodutiva é 15-17°C (SOSBAI, 2014). As elevadas altitudes das lavouras do Alto Vale do Itajaí (300 a 600 m) dispõem as mesmas à ocorrência de frio durante o desenvolvimento da cultura, especialmente no período reprodutivo, com as inesperadas frentes frias.

O melhoramento para tolerância ao frio em arroz baseia-se geralmente na seleção fenotípica em nível de campo, o que é uma tarefa difícil, pois trata-se de um fator abiótico, cuja ocorrência e intensidade são de difícil previsibilidade. A Epagri iniciou as atividades relacionadas à tolerância ao frio em 2007/08, e a partir daí foram conduzidos anualmente experimentos em câmara de crescimento controlado, além de ensaios tanto nas condições extremas do outono/inverno de Itajaí, quanto em época de plantio normal (primavera) nas áreas de elevada altitude. Em todos eles há forte indício da existência de variabilidade para tolerância ao frio na fase reprodutiva. Outros programas de melhoramento genético de arroz irrigado, como o de Hokkaido (Japão), também experimentaram resultados semelhantes, obtendo linhagens tolerantes, embora não tivessem sido selecionadas para a tolerância a frio. Não se percebeu em Hakkaido, nenhuma relação entre o grau de tolerância ao frio na fertilização com o pedigree dos cultivares (SHINADA et al., 2013). Ao longo dos últimos anos a Epagri selecionou materiais promissores para tolerância a baixas temperaturas no período reprodutivo, e avaliou-os sob condições de cultivo em região de elevada altitude, com temperatura média mais baixa, e risco de frio na fase reprodutiva (MARSCHALEK et al., 2011; MARSCHALEK et al., 2013). Assim como os estudos anteriores, esta investigação teve como objetivo avaliar a produtividade de genótipos de arroz em condições potenciais de estresse por frio na fase reprodutiva..

¹ Eng. Agr. Dr.sc.agr, Epagri – Estação Experimental de Itajaí, Itajaí-SC-Brasil e-mail: rubensm@epagri.sc.gov.br

² Eng^a. Agr^a. M.Sc., Doutoranda USP/ESALQ, Piracicaba-SP-Brasil, dsrozetto@gmail.com

³ Eng. Agr. Dr., Epagri – Estação Experimental de Itajaí, Itajaí-SC-Brasil e-mail: alexanderdeandrade@epagri.sc.gov.br

⁴ Eng^a. Agr^a. Dr^a., Epagri – Estação Experimental de Itajaí, Itajaí-SC-Brasil e-mail: esterwickert@epagri.sc.gov.br

MATERIAL E MÉTODOS

Dois experimentos foram conduzidos durante as safras de 2013/14 e 2014/15 na propriedade do agricultor Antônio Carlos Contezini, na localidade de Rio Azul (Rio do Campo - SC), a uma altitude de 596 m (26°53'19,58"S; 50°11'47,08"N). Foi utilizado o delineamento de blocos aleatorizados com três repetições. Durante a safra de 2013/14 foram avaliados 28 genótipos sendo eles 24 linhagens pertencentes ao programa de melhoramento de arroz da Epagri e quatro cultivares (Epagri 106, Epagri 109, SCS 116 Satoru, SCS 118 Marques) utilizadas como testemunhas. Na safra 2014/15 foram avaliados 53 genótipos (50 linhagens e 3 cultivares como testemunhas), sendo elas Epagri 106, Epagri 109, SCS116 Satoru. A densidade de semeadura nos dois anos foi de 160 kg ha⁻¹, sendo feita em parcelas de 2,0 x 2,5 m em 10/10/2013 e parcelas de 2,0 x 3,0 m em 8/10/2014, sob cultivo em sistema pré-germinado (área colhida na parcela foi de 1 m²).

As adubações e demais tratamentos fitossanitários seguiram as recomendações da Epagri (EBERHARDT e SCHIOCCHET, 2012). Os dados foram submetidos à análise de variância por meio do programa R (CORE TEAM, 2015) e as médias para os genótipos foram comparadas através do teste de Scott-Knott a 5% de significância. O modelo matemático utilizado foi o seguinte: $y_{ij} = \mu + g + a + b + g*a + e$

Onde: "y", é produtividade observada na parcela que recebeu determinado genótipo em determinada repetição; μ , é a média da população; "g", é o efeito do genótipo; "a" é o efeito do ano; b: efeito do bloco; g*a: efeito da interação genótipo*ano; e: erro experimental.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na safra 13/14 e 14/15 a temperatura média durante o cultivo foi de 21,11° C (INMET) e 21° C (Estação Meteor. Portátil no experimento) respectivamente, sendo que em 19 dias houve temperaturas menores 17° C na fase reprodutiva (microsporogênese até antese) na safra 13/14, e 12 dias na safra 14/15. A análise de variância para o caráter produtividade de grãos avaliados para as safras 13/14 e 14/15 (Tabela 1), resultou em diferenças significativas entre os genótipos avaliados. Houve interação Genótipo x Ano, portanto, o comportamento dos genótipos não pode ser generalizado para diferentes anos.

Tabela 1. Análise de variância para o caráter produtividade de grãos em genótipos de arroz cultivados em Rio do Campo (SC), a 596 m de altitude, durante as safras de 2013/14 e 2014/15.

FV	GL	SQ	QM	F	Pr(>F)
Genótipo	56	1,89E+08	3373880	5,122	6,13E-14
Bloco	2	27496990	13748495	20,873	1,81E-08
Ano	1	69517420	69517420	105,542	<0.0000000
Genótipo x Ano	24	36627420	1526142	2,317	0,00163
Resíduo	116	76405582	658669		

Embora nas regiões produtoras de arroz no Brasil não seja comum a ocorrência de temperaturas extremas, a tolerância ao frio tem sido considerada um dos objetivos para os programas de melhoramento. Isto se deve ao fato de que nos Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina anualmente ocorrem prejuízos devido à ocorrência do estresse nos estágios críticos da cultura. A principal limitação trazida pelo frio no Rio Grande do Sul se dá no período vegetativo devido à dificuldade de estabelecimento da cultura. Já em Santa Catarina o maior risco ocorre no período reprodutivo, especialmente em algumas regiões de maior altitude (MARSCHALEK et al., 2013). No período reprodutivo são observados os danos mais graves devido ao frio, com um grande número de espiguetas vazias, fato este que pode ser atribuído à má formação do grão de pólen (microsporogênese), o que inviabiliza o mesmo, e na antese, à não fertilização devido à indeiscência de anteras e/ou imaturidade de grãos de pólen (YOSHIDA, 1981; CRUZ e MILACH, 2000; ROZZETTO,

2015). Os sintomas mais evidentes de dano pelo frio nesta fase são má exposição das panículas, mancha nas espiguetas e principalmente esterilidade de grãos (SOUZA, 1990)

Tabela 2. Produtividade média de genótipos durante as safras de 2013/14 e 2014/15, e a produtividade média dos genótipos comuns aos dois anos.

Genótipo	Rend ¹ 2013/14	Genótipo	Rend ¹ 2014/15	Genótipo	Rend ¹ 2014/15	Genótipo	2013 /14 ¹	2014 /15 ¹			
SC817	9370	a	SC849	8700	a	SC786	6857	a	Epagri 106	6985	5296*
SC756	9160	a	SC790	8419	a	SC846	6767	a	Epagri 109	8060	4511*
SC754	9045	a	SC817	8391	a	SC818	6622	a	SC491	7614	6455 ^{ns}
SC736	9019	a	SC806	8301	a	SC788	6596	a	SC584	8209	7039 ^{ns}
SC681	8993	a	SC831	8190	a	SC778	6593	a	SC676	8674	8011*
SC686	8757	a	SC853	8128	a	SC865	6509	a	SC679	7133	4472*
SC759	8725	a	SC676	8011	a	SC491	6455	a	SC681	8993	7309*
SC676	8674	a	SC811	7962	a	SC802	6452	a	SC686	8757	7134*
SC702	8435	a	SC863	7883	a	SC787	6433	a	SC702	8435	6169*
SC584	8209	a	SC777	7817	a	SC784	6413	a	SC736	9019	7339*
Epagri 109	8060	b	SC757	7777	a	SC820	6333	a	SC753	7562	7702 ^{ns}
SC819	8021	b	SC797	7727	a	SC799	6229	a	SC754	7591	6945*
SC755	7950	b	SC753	7702	a	SC702	6169	a	SC755	7950	6915 ^{ns}
SC757	7914	b	SC843	7680	a	SC819	6069	a	SC756	9160	7595*
SC724	7797	b	SC835	7615	a	SC776	5786	b	SC757	7914	7777 ^{ns}
SC760	7741	b	SC756	7595	a	SC793	5385	b	SC759	8725	7310*
SC866	7642	b	SC834	7417	a	Epagri 106	5296	b	SC760	7741	5015*
SC491	7614	b	SC736	7339	a	SC760	5015	b	SC763	7242	7316 ^{ns}
SC754	7591	b	SC763	7316	a	SC848	4675	b	SC817	9370	8391 ^{ns}
SC753	7562	b	SC759	7310	a	Epagri 109	4511	b	SC818	6943	6622 ^{ns}
SCS118											
Marques	7424	b	SC681	7309	a	SC679	4472	b	SC819	8021	6069*
						SCS116					
SC682	7384	b	SC842	7287	a	Satoru	4392	b	SC865	7171	6509 [§]
SCS116											
Satoru	7308	b	SC782	7244	a	SC866	3546	b	SC866	7642	3546*
SC763	7242	b	SC686	7134	a	SC847	3121	b	SCS116		
SC865	7171	b	SC775	7103	a				Satoru	7308	4392*
SC679	7133	b	SC584	7039	a						
Epagri 106	6985	b	SC792	7037	a						
SC818	6943	b	SC754	6945	a						
SC820	6689	b	SC755	6915	a						

¹ Rendimento médio em kg.ha⁻¹; ² Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem a 5% de significância pelo teste de Scott-Knott; * diferença significativa a 5% de probabilidade de erro pelo teste t entre as médias dos genótipos nas duas safras (13/14, e 14/15), e ^{ns} não significativo.

Há uma dificuldade geral em se assegurar que a seleção para tolerância a frio esteja sendo de fato efetiva. Evidentemente, a ocorrência de dias e noites frias em nível de campo é um fator imprevisível, e quando ocorre, talvez não afete todos os genótipos testados de forma equivalente, dado a variação de ciclo dos mesmos. No entanto, os dados corroboram com os resultados obtidos em Itajaí, em cultivos de outono-inverno (avaliações qualitativas não mostradas). Além do mais, desenvolvendo-se a 596 m de altitude, os genótipos são expostos naturalmente à uma temperatura média menor do que no restante do Estado, o que de certa forma favorece a seleção de materiais adaptados àquela condição de altitude e clima.

Na safra 2013/14 nove linhagens apresentaram produtividade superior a 8.200 kg ha⁻¹, diferindo significativamente dos cultivares utilizados como testemunha, cuja média de produtividade foi de aproximadamente 7.444 kg ha⁻¹. Da mesma forma, na safra 2014/15, 43 linhagens tiveram desempenho superior à média das testemunhas (6.060 e 4.733 kg ha⁻¹ respectivamente), (Tabela 2). Entre os genótipos mais produtivos tanto em 2013/14 quanto em 2014/15 destacamos as linhagens SC817; SC681; SC686; SC759; SC702; SC584. Deve ser considerado que em anos anteriores as linhagens SC 817 (código SCH-06-1558-5), SC 681, SC 686; SC 702, SC 491 e SC 584 apresentaram comportamento promissor sob as mesmas condições (MARSCHALEK et al., 2011; 2013).

CONCLUSÃO

Os genótipos testados apresentaram comportamento diferenciado para adaptação ao sítio de altitude nas quais foram avaliados, indicando que existe variabilidade genética entre os mesmos também, provavelmente, para a tolerância a baixas temperaturas. A seleção de genótipos adaptados à regiões de elevada altitude em Santa Catarina demonstra consistência e coerência ao longo dos últimos. Há perspectivas para o lançamento de cultivares tolerantes a baixas temperaturas na fase reprodutiva.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq, Projeto 402214/2008-0, à FAPESC, Projeto TO 6980/10-9. Ao agricultor Antonio Carlos Contezini. Ao Daniel Jonas Heinrich, Suporte T.I. da Gerência da Epagri em Rio do Sul. Aos assistentes de pesquisa Samuel Batista dos Santos e Geovani Porto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CRUZ, R.; MILACH, S.C.K. Melhoramento genético para tolerância ao frio em arroz irrigado. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n. 5, p. 909-917, 2000.

EBERHARDT, D.S., SCHIOCCHET, M.A. **Recomendações para a produção de arroz irrigado em Santa Catarina (Sistema pré-germinado)**. 1. ed. Florianópolis: Epagri, 2011. 83p.

INMET. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/>>. Acesso em: 3 jun. 2015.

MARSCHALEK, R. ; ANDRADE, A ; Stuker,H ; RAIMONDI, J. V. ; PORTO, G. ; SANTOS, S. B. . Avaliação de linhagens e cultivares de arroz irrigado em região de elevada altitude e baixa temperatura média, no alto vale do Itajaí. In: Congresso Brasileiro Arroz Irrigado, 2011, Balneário Camboriú. **Anais... Itajaí: SOSBAI**, 2011. v. 1. p. 183-186.

MARSCHALEK, R.; ROZZETTO, D.S.; STUKER, H. EBERHARDT, D.S.; RAIMONDI, J.V.; et al.. Seleção de genótipos de arroz irrigado adaptados à região de elevada altitude, sujeita a baixas temperaturas. In: CONG. BRAS. DE ARROZ IRRIGADO, 8., 2013. Santa Maria. **Anais... Santa Maria: UFSM/SOSBAI**, 2013, p.181-184..

R Core Team (2015). R: **A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>.

ROZZETTO, Diane Simon. **Tolerância ao frio em germoplasma exótico de arroz na fase reprodutiva (Oryza sativa L.)**. 2015. 83f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas)—ESALQ/USP,2015.

SHINADA, H.; IWATA, N.; FUJINO, K. Genetical and morphological characterization of cold tolerance at fertilization stage in rice. *Breeding Science*, v. 63, p. 197-204, 2013.

SOSBAI (SOC. SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO). **Arroz Irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil**. Santa Maria: SOSBAI, 2014. 189 p.

SOUZA, P.R. Alguns aspectos da influência do clima temperado sobre a cultura do arroz irrigado, no sul do Brasil. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v. 43, n. 389, p. 9-11, 1990.

STEINMETZ, S. et al. **Macrozoneamento climático para o arroz irrigado no Rio Grande do Sul**. Pelotas: Embrapa Embrapa Clima Temperado, 2005. 20 p. (Documentos, 137).

YOSHIDA, S. **Growth and development of the rice plant**. In: *Fundamentals of rice crop science*. Los Baños, 1981. chap. 1, p. 1-63. (IRRI. Research Paper Series, 1).