

SELEÇÃO DE GENÓTIPOS DE ARROZ IRRIGADO ADAPTADOS À REGIÃO DE ELEVADA ALTITUDE, SUJEITA A BAIXAS TEMPERATURAS

Rubens Marschalek¹, Moacir Antônio Schiocchet², Ronaldir Knoblauch², Henri Stuker², Domingos Savio Eberhardt³, Diane Simon Rozzetto⁴, Geovani Porto⁵, Samuel Batista dos Santos⁵

Palavras-chave: frio, estresse abiótico, produtividade, melhoramento

INTRODUÇÃO

O Alto Vale do Itajaí, em Santa Catarina cultiva anualmente cerca de 11.500 ha de arroz irrigado, envolvendo aproximadamente 1.100 orizicultores. O potencial produtivo das cultivares recentemente disponibilizadas pela Epagri aos produtores é superior a 10 t/ha. Na Região do Alto Vale do Itajaí a produtividade média do arroz é de 8,0 t/ha, com registros de produtividades de até 14 t ha⁻¹.

Entre os principais fatores que limitam a produtividade da cultura do arroz na região do Alto Vale do Itajaí está a ocorrência de baixas temperaturas. A temperatura limite tolerada pelo arroz na fase reprodutiva gira em torno dos 17°C (SOSBAI, 2012). A elevada altitude das lavouras predispõe as mesmas a ocorrência eventual de baixas temperaturas durante o desenvolvimento da cultura, especialmente no período reprodutivo, o que reduz a produtividade de grãos do arroz. O risco é particularmente severo nos municípios de altitude superior a 500 m. Na safra 2007/08, estimou-se perdas de produtividade, decorrentes do frio, da ordem de 30% na região do Alto Vale do Itajaí. Novamente nesta última safra (2012/13) o frio, durante alguns períodos de janeiro (2013), foi determinante para uma menor produtividade naquela região.

O frio provoca a redução da fotossíntese, menor crescimento, e portanto, menor consumo e translocação de carboidratos. A respiração torna-se mais lenta, e há perda de enzimas sensíveis ao frio, além de uma maior degradação das proteínas. Ocorrem alterações físico-químicas como a redução da fluidez de membrana e consequente alteração da atividade de enzimas e das taxas de processos associados a membranas. Baixas temperaturas induzem a formação do ácido abscísico, que tem efeito antagônico ao das giberelinas, podendo reduzir a capacidade de alongamento do pedúnculo, reduzindo a extrusão e o rendimento. Em micrósporos jovens o ácido abscísico reduz a atividade da invertase, causando acúmulo de sacarose e tornando o pólen inviável (DELATORRE, 2009).

Na germinação, os danos causados pelo frio são o atraso, a desuniformidade e sua diminuição, em porcentagem. Durante o período vegetativo ocorre atraso no desenvolvimento da planta com redução da estatura, morte, amarelecimento das folhas, pois o cloroplasto é diretamente afetado causando danos ao aparelho fotossintético e à molécula de clorofila (STHAPIT et al., 1998). No período reprodutivo, os sintomas de danos são má exsurgência da panícula, esterilidade e manchas nas espiguetas (SOUZA, 1990). Baixas temperaturas na fase de emborrachamento do arroz é o fator que mais gravemente afeta à produtividade do cereal nas zonas temperadas (YAMAMOTO, YANO, 2008).

O uso de genótipos tolerantes ao frio poderia constituir-se em alternativa para minimizar os prejuízos em arroz. Atualmente, as cultivares recomendadas e usadas no Alto Vale do Itajaí não toleram o frio, de forma que a produção está sempre em risco, considerando que temperaturas baixas ocorrem com certa frequência, especialmente à noite, mesmo nas

¹ Eng. agr., Dr., Epagri/Estação Experimental de Itajaí, C.P. 277, 88301-970 Itajaí, SC, rubensm@epagri.sc.gov.br.

² Eng. agr., Dr., Epagri/Estação Experimental de Itajaí

³ Eng. agr., M.Sc., Epagri/Estação Experimental de Itajaí

⁴ Eng. agr. Bolsista CNPq no Projeto AVANÇARroz (Repensa) – CNPq/562451/2010-2

⁵ Assistente de Pesquisa, Téc. Agr., Epagri/Estação Experimental de Itajaí

épocas mais quentes do ano. A tolerância ao frio tem sido um desafio para o melhoramento, pois a característica é complexa e controlada por genes que atuam independentemente nos períodos germinativo, vegetativo e reprodutivo. Ou seja, é um caráter quantitativo, altamente influenciado pelo ambiente e cuja seleção no campo têm baixa precisão pela instabilidade e imprevisibilidade da ocorrência do estresse. A literatura reporta diversos genes e QTLs responsáveis pela tolerância ao frio (YAMAMOTO, YANO, 2008). As cultivares japônica são consideradas fonte de tolerância (ACIAR, 2006).

Em países como a Austrália, China, Japão, Coréia do Sul, Nepal e Estados Unidos já foram estabelecidas estratégias a serem utilizadas em programas de melhoramento no tocante a tolerância ao frio. No Brasil, também há esforços para obter genótipos tolerantes ao frio no IRGA, Embrapa e Epagri, no entanto, para o Rio Grande do Sul, o foco é a tolerância na fase de germinação e estabelecimento da cultura, enquanto em Santa Catarina, o alvo prioritário é a fase reprodutiva.

A Epagri iniciou atividades relacionadas a este caráter através do Projeto Orygens (Embrapa/CNPAF/Cenargen-Epagri-IRGA) na safra 2007/08, sendo que nos últimos anos, experimentos foram conduzidos em nível de laboratório, câmara fria, e também ensaios de campo. Foram conduzidos, anualmente, experimentos, tanto nas condições extremas do outono inverno de Itajaí, quanto semeadura em época de plantio normal (primavera), em áreas de elevada altitude. Em todos eles se confirma a existência de variabilidade para tolerância a temperaturas baixas. Testes semelhantes, em nível de campo, tem sido conduzidos na província de Yunnan (China), e são considerados essenciais devido à existência de condições confiáveis de seleção para tolerância ao frio em sítios de elevada altitude, que são úteis para testar extensivamente grandes populações (ACIAR, 2013). Ao longo dos últimos anos a Epagri selecionou materiais promissores, sendo o objetivo do presente estudo, verificar o comportamento produtivo destes genótipos sob condições de cultivo em região de elevada altitude, com temperatura média mais baixa, e risco de frio na fase reprodutiva.

MATERIAL E MÉTODOS

Dois experimentos foram conduzidos na propriedade do agricultor Antônio Carlos Contezini, na localidade de Rio Azul (26°53'19,58"S; 50°11'47,08"N, 596 m altitude), município de Rio do Campo (SC) durante as safras de 2011/12 e 2012/13. Adotou-se o delineamento de blocos ao acaso com duas repetições nos 61 genótipos (linhagens e cultivares) avaliados em 2011/12, e 3 repetições nos 22 genótipos avaliados em 2012/13.

Os genótipos, de diferentes ciclos, foram semeados a lanço (120Kg de sementes ha⁻¹), em parcelas de 1,5 x 2,5 m em 7/11/11 e parcelas de 2,0 x 2,5 m em 25/10/2012, sob cultivo em sistema pré-germinado. As adubações e demais tratos fitossanitários seguiram as recomendações do pacote tecnológico da Epagri (EBERHARDT e SCHIOCCHE, 2011). A área útil da colheita foi de 1 m². Os genótipos foram comparados quanto a produtividade, sendo procedida análise de variância através do software SAEG (UFV) em cada safra agrícola, e ao final, análise conjunta englobando os 16 genótipos comuns aos dois anos agrícolas. Não foram executados tratamentos preventivos para a brusone.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve diferença nas produtividades de grãos, sendo que os materiais testados foram superiores aos materiais tradicionais, tanto na safra 2011/12 quanto 2012/13 (tabela 1), sendo que a maioria dos genótipos teve comportamento superior às testemunhas da Epagri. Submetendo-se os dados à uma análise conjunta com os 16 genótipos comuns aos dois anos agrícolas, obteve-se significância para ano e para genótipo (CV=9,76%), e também foi significativa a interação ano x genótipo, ao contrário do observado nos anos 2009/10 e 2010/11 (MARSCHALEK et al, 2011). O genótipo mais produtivo na análise conjunta foi a linhagem SCH-06-1558-5 [SC 213//SC 355/linhagem 2415 (*O. glumaepatula*)]. Também

outros genótipos mostraram-se promissores, como a SC491ME (multiespigueta), que liderou a produtividade nas safras 2009/10 e 2010/11 neste mesmo sítio (MARSCHALEK, et al. 2011). Também são promissoras as linhagens SC 756 (SC 213//SC 355/SC 213), a SC 681 (PR 122/TioTaka//SC 354), bem como a SC 754 [SC 213//SC 355/2415 (*Oryza glumaepatula*)].

Tabela 1. Produtividade média de genótipos em Rio do Campo (SC), a 596 m acima do nível do mar, durante dois anos (2011/12 e 2012/13), e respectiva análise conjunta de 16 genótipos comuns (2011-2013).

Produtividade 2011/12			Produtividade 2012/13			Produtividade 2 anos 2011-12			2012-13	Média 2 anos
Trat.	Cultivar/Linhagem	kg.ha ⁻¹ *	Trat.	Cultivar/Linhagem	kg.ha ⁻¹ **	Cultivar/Linhagem	kg.ha ⁻¹ ***	kg.ha ⁻¹ ***	kg.ha ⁻¹ +	
26	SCH-06-1558-5	8510,9 a	1	SCH-06-1558-5	8230,4 a	SCH-06-1558-5	8510,9 aA	8230,4 aA	8370,6 a	
27	SCH-06-1564-2 (SC 756)	8499,7 a	16	SC 676	8034,8 a	SCH-06-1564-2 (SC 756)	8499,7 aA	8034,8 aA	7480,6 b	
25	SCH-06-1558-2 (SC 754)	7913,2 a	12	SC 681	7618,3 a	SC 491 (ME)	7546,2 aA	7401,7 aA	7473,9 b	
33	SCH-05-1464-1-2-1	7748,1 a	8	SC 491 (ME)	7401,7 a	SC 681	7618,3 aA	7126,5 aA	7375,4 b	
35	SCH-04-1358-10-2-1	7723,2 a	18	SC 736	6578,6 b	SCH-06-1558-2 (SC 754)	7913,2 aA	6563,8 bB	7238,5 b	
49	SC 682	7685,7 a	3	SCH-06-1558-2 (SC 754)	6563,8 b	SCH-04-1358-10-2-1	7723,2 aA	6020,9 bB	6872,1 c	
30	SCH-06-1590-3	7636,2 a	2	SCH-06-1564-2 (SC 756)	6461,6 b	SC 686	7368,7 aA	6195,8 bB	6782,2 c	
55	SC 491 (ME)	7546,1 a	17	SC 702	6232,5 b	SCH-05-1464-1-2-1	7748,1 aA	5636,7 bB	6692,4 c	
51	SC 686	7368,7 a	9	SC 686	6195,8 b	SCH-03-1286-1-4-4	7144,7 aA	5953,1 bB	6548,9 c	
37	SC 584	7266,2 a	5	SCH-04-1358-10-2-1	6020,9 b	SC 682	7685,7 aA	4974,4 cB	6330,0 d	
1	SCH-03-1286-1-4-4	7144,7 a	11	SCH-03-1286-1-4-4	5953,0 b	Mutante do SC342	6908,2 aA	5223,0 cB	6065,6 d	
48	SC 681	7128,4 a	15	SCH-06-1557-2	5939,3 b	SC 584	7266,2 aA	4596,1 cB	5931,2 d	
57	Mutante do SC342	6908,2 b	19	SC 734	5882,7 b	SCH-06-1580-3	7636,2 aA	4141,6 dB	5888,9 d	
29	SCH-06-1577-5	6779,4 b	4	SCH-05-1464-1-2-1	5636,7 b	Epagri 106	5902,5 bA	5163,9 cA	5533,2 d	
24	SCH-06-1557-2	6724,2 b	13	Mutante do SC342	5223,0 c	SCH-06-1577-5	6779,4 aA	3718,5 dB	5249,0 d	
34	SCM 32-1-1-1	6685,1 b	21	Epagri 106	5163,9 c	Epagri 109	4832,4 cA	3090,8 dB	3961,6 e	
14	SCM 28-1-10-1	6641,9 b	6	SC 682	4974,4 c					
21	SCH-06-1516-1	6638,6 b	10	SC 584	4596,1 c					
16	SC 491	6613,0 b	7	SCH-06-1580-3	4141,6 c					
9	SCM 23-1-36-1	6565,9 b	14	SCH-06-1577-5	3718,5 d					
41	SC 616	6501,3 b	22	Epagri 109	3090,8 d					
56	Mutante do SC213	6464,5 b	20	SCS118 Marques (SC 47	2927,3 d					
8	SCM 23-1-19-2	6341,9 b								
28	SCH-06-1570-3	6339,0 b								
3	SCH-04-1299-1-1-1-1	6330,4 b								
45	SC 626	6279,3 b								
4	CNAx 13484-1-B-B	6268,9 b								
61	IRGA 426	6223,9 b								
23	SCH-06-1551-7	6156,3 b								
12	SCM 23-1-54-2	6129,3 b								
15	SCM 32-1-7-1	6120,1 b								
38	SC 591	6107,8 b								
22	SCH-06-1536-1	6009,5 b								
42	SC 619	5977,3 b								
13	SCM 23-1-59-2	5939,5 b								
53	Epagri 106	5902,5 c								
11	SCM 23-1-52-3	5870,4 c								
5	IRGA 424	5811,3 c								
44	SC 622	5788,0 c								
47	SC 679	5761,7 c								
52	SC 446	5711,7 c								
10	SCM 23-1-44-1	5709,5 c								
32	SCH-05-1463-8-2-1	5623,6 c								
46	SC 629	5540,3 c								
40	SC 605	5512,6 c								
39	SC 598	5486,2 c								
58	Mutante do SC448	5373,8 c								
17	SC 559	5362,4 c								
36	SC 583	5354,0 c								
6	BAG 177 (EEI 49)	5308,6 c								
50	SC 683	5126,1 c								
59	Epagri 109	4832,4 c								
19	SC 605	4703,9 c								
43	SC 621	4695,4 c								
18	SC 583	4593,6 c								
54	SCS116 Satoru	4570,3 c								
31	SCH-06-1581-6	4420,8 c								
2	SCH-05-1465-3-1-1	4290,9 c								
7	CNAx13218-7-183-1-1-1-B	3582,3 c								
62	IRGA 427	2994,2 d								
60	Epagri 107	2568,3 d								

*Scott-Knott 5% (CV=10,6%)

**Scott-Knott 5% (CV=12,4%)

Análise conjunta dos 16 genótipos comuns aos dois anos agrícolas:

***Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas não diferem entre si (Scott-Knott 5%)

**Médias seguidas da mesma letra maiúscula nas linhas não diferem entre si. (Scott-Knott 5%)

+ Scott-Kott 5% (CV=9,76%)

Na safra 2011/12 a média das temperaturas mínimas diárias, dos 60 dias após a semeadura (DAS) até 120 DAS foi de 21,54°C (com uma mínima extrema de 15,5 °C, em 7-1-12), enquanto em 2012/13 esta média foi de 20,9°C (com mínima extrema de 12,5 °C, a 11-1-13) (Fonte: INMET). Evidentemente nos dois anos estudados, a ocorrência de dias e noites frias na região foi imprevisível e, quando ocorreu, talvez não tenha afetado

igualmente todos os genótipos testados, dado a variação de ciclo que estes possuem. Assim, admite-se que há uma dificuldade geral em se assegurar que a seleção para tolerância a frio esteja sendo de fato efetiva. Por outro lado, os dados estão bem correlacionados com os resultados obtidos em Itajaí, em cultivos de outono-inverno (avaliações fenotípicas qualitativas: dados não publicados). Além disso, 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.

Houve severa incidência de brusone nas testemunhas e em algumas linhagens (dados não mostrados), sendo que os melhores genótipos também foram os que tiveram maior tolerância natural a este fator biótico, que também é fator de seleção no melhoramento.

CONCLUSÃO

A seleção de genótipos adaptados à regiões de elevada altitude em Santa Catarina demonstra consistência e coerência ao longo dos últimos quatro anos, especialmente, nos últimos dois. Há boas perspectivas para o lançamento de cultivares tolerantes às baixas temperaturas na fase reprodutiva.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq, Projeto 402214/2008-0, a FAPESC, Projeto TO 6980/10-9, e a Secretaria de Desenvolvimento Regional de Taió. Ao Sr. Antonio Carlos Contezini. Ao INMET.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACIAR Australian Centre for International Agricultural Research ACIAR. **Australia-China linkage for improved rice cold tolerance**. Canberra, 2006. Disponível em: <<http://aciar.gov.au/project/CIM/2005/152>>. Acesso em: 04 jun. 2013.
- DELATORRE, C. A. Caracterização e Definição dos Estresses Bióticos e Abióticos na cultura do Arroz Irrigado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 6., 2009, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: SOSBAI, 2009. p. 549-555.
- 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.
- 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: CONG. BRAS. DE ARROZ IRRIG., 7, 2011, Balneário Camboriú, SC. **Anais..** Itajaí: Epagri/Sosbai, 2011. p. 183-186.
- SOSBAI (SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO). **Arroz Irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil**. Itajaí, SC, 2012. 176 p. il. 29. Reunião Técnica da Cultura do Arroz Irrigado, 01 a 03 de agosto e 2012, Gravatal, SC.
- SOUSA, 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.
- STHAPIT, B.R.; WITCOMBE, J.R. Inheritance of tolerance to chilling stress in rice during germination and plumule greening. **Crop Science**, Madison, v.38, p.660-665, 1998.
- VIEIRA, J. Acessos de arroz (*Oryza sativa* L.) tolerantes a baixa temperatura no estágio de germinação. In: Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado, 2009, Porto Alegre. **Anais** CDRom. Porto Alegre : IRGA, 2009.
- YAMAMOTO, T; YANO, M. Detection and Molecular Cloning of Genes Underlying Quantitative Phenotypic Variations in Rice. In: HIRANO, H.-Y; HIRAI, A.; SANO, Y.; SASAKI, T. (Edit.). **Rice biology in the genomic era**. Heidelberg: Springer-Verlag, 2008. p.295-308